

Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Dimensionamento e Aspectos Construtivos

JOSÉ CARLOS MOREIRA RESENDE RODRIGUES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Mário Valente Neves

JUNHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha família e amigos

"Se não pensarmos nas gerações futuras elas nunca nos esquecerão"

Henrik Tikkanen

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Mário Valente Neves, pela disponibilidade que sempre demonstrou, pelo profissionalismo e simpatia com que sempre me apoiou.

A todas as empresas que responderam aos meus pedidos de informações: Ecodepur, Grundfos, Ecoágua e All-Aqua.

À minha família, especialmente à minha mãe.

Ao Carlos Pereira pela ajuda em boa hora.

A todos os amigos que me encorajaram a fazer este trabalho.

.

RESUMO

Este trabalho tem como objectivo principal funcionar como uma linha de orientação para o leitor, caso esteja interessado em adquirir um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais ou SAAP. Após a sua leitura, o leitor deverá ser capaz de estruturar a sua escolha, mediante o que pretende para o seu sistema. Isto é, o presente trabalho pretende mostrar as possibilidades existentes em termos de reservatórios passíveis de instalação num sistema de aproveitamento de águas pluviais como também a vasta gama de equipamentos disponíveis para sistemas deste tipo.

O trabalho inicia-se com uma breve descrição das componentes constituintes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, sendo descritos os parâmetros utilizados para posterior cálculo da capacidade adequada do reservatório, tal como o coeficiente de escoamento da cobertura e coeficiente de eficácia de filtragem. Neste capítulo é feita também uma referência aos consumos domésticos e correspondentes valores.

É também descrito ao leitor, os passos do processo de determinação da dimensão do reservatório que melhor se adequa aos seus consumos e à precipitação na zona de implantação. Para este efeito é utilizado um programa de cálculo automático (RESAP). Todos os passos deste cálculo são apresentados e descritos de maneira a poderem ser, facilmente, repetidos pelo leitor.

Na fase seguinte, o trabalho adopta uma vertente mais técnica de aspectos já anteriormente debatidos e divulgados noutros trabalhos desta área de conhecimento. Aprofundaremos a vertente técnica de aspectos tais como: a escolha do tipo de sistema, escolha da localização do reservatório e descrição detalhada das vantagens e desvantagens de cada material no uso para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Esta vertente técnica é acompanhada por uma análise de preços dos reservatórios disponíveis nos dias de hoje, nos principais países de produção de reservatórios para sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Em relação aos equipamentos utilizados em SAAP, descrevem-se as alternativas possíveis usadas no tratamento da água (filtros, acessórios de “first flush” e entrada controlada da água no reservatório, por exemplo) como também os sistemas de bombagem e controlo passíveis de utilização. Estes aspectos revelam-se de extrema importância devido à necessidade de automatização dos sistemas, em caso de escassez de água no reservatório.

No capítulo final apresentam-se as principais conclusões e recomendações a retirar dos estudos descritos acima com particular importância para a determinação da capacidade do reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: capacidade, reservatório, filtros, bombas, sistemas de controlo

ABSTRACT

This project main objective is to be a guideline for the reader in case of being interested in buying a rainwater harvesting system. After reading this project, the reader should be in a position to make a correct choice of system, depending on his needs. This way this project aims to show the existing possibilities of tanks that can be used in rainwater harvesting systems, as well as the wide range of equipments available for this type of systems.

This project starts with a brief introduction of the main components that make a rainwater harvesting system, being described certain parameters used for further calculations, especially in evaluation of the correct tank capacity. These parameters are the run off coefficient and the filter coefficient. In this chapter is also made a reference to the domestic usage of water and his values.

Is also possible to the reader, to know the steps used in the sizing of the tank which better suits to the domestic water consumptions and rainfall in the area under study. To do this, it is used an automatic program called RESAP. The steps of this calculation are presented and described in a way that the reader can easily repeat them.

In the following stage, this project will tend to use a more technical approach of on matters already discussed in many former projects, of this area of knowledge. However, this project tries to deepen the technical approach and matters such as: the type of system, the location of the tank and the detailed description of advantages and disadvantages of each type of material used in the construction or fabrication of tanks. This technical approach is done together with an economic analysis of tanks available nowadays, in the countries which they are made in bigger quantity.

Regarding the equipments, we describe the possible alternatives in water treatment (filters, first flush and calmed inlet of the water, for example) as well as the different pumping systems and control systems used in this type of systems. These applications are very important to assure that the system will work automatically, in case of water shortage.

In the final chapter are presented the mains conclusions and recommendations that can be withdrawn of the study done in the making of this project.

KEYWORDS: capacity, tank, filters, pumps, control systems

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	VII
Abstract	IX
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Água: carência e nova abordagem de gestão.....	1
1.2 - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) no mundo	2
1.3 - Estrutura do trabalho.....	3
2 - BASES TEÓRICAS.....	5
2.1 - Conceito do Aproveitamento de águas pluviais em edifícios.....	5
2.1.1- Recolha.....	6
2.1.1.1- Coeficiente de escoamento.....	6
2.1.1.2 - Área de captação	6
2.1.2 - Condução e tratamento.....	6
2.1.2.1 - Condução	6
2.1.2.2 - Tratamento	7
2.1.3. - Armazenamento	7
2.1.4 - Condução para pontos de consumo	7
2.2 - Usos da água recolhida e consumos.....	7
2.2.1 - Usos.....	7
2.2.2 - Consumos	7
2.2.3 - Rega.....	10
2.3 - Métodos de cálculo para dimensionamento de reservatórios	11
2.3.1 - Método prático alemão.....	11
2.3.2 - Método prático australiano	12
2.4 - Manutenção	10
3 PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO RESAP - CASO DE ESTUDO	13
3.1-Programa de cálculo automático RESAP	13
3.1.1 - Passo número 1	15
3.1.2 - Passo número 2	16
3.1.3 - Passo número 3	17
3.1.4. - Passo número 4	17
3.1.5 - Passo número 5	19
3.1.6 - Passo número 6	20

3.1.7. - Passo número 7	21
3.1.8. - Passo número 8	22
3.1.9 - Passo número 9	23
3.1.10. - Passo número 10	24
3.1.11 - Passo número 11	25
3.2 - Orçamentação	26
4 - RESERVATÓRIOS	29
4.1 - Requisitos gerais de um reservatório	29
4.1.1 - Reservatório á superfície ou enterrado	29
4.1.2- Sistema indirecto ou directo	31
4.1.2.1 - O sistema indirecto ou gravítico.....	31
4.1.2.2. - Sistema Directo	32
4.2 -Requisitos gerais de um reservatório: normas e procedimentos de instalação	34
4.2.1 - Localização.....	34
4.2.2 - Resistência do reservatório	34
4.2.3 - Contaminação por águas subterrâneas	34
4.2.4 - Acessibilidade para limpeza e manutenção	34
4.2.5 -Tampas e coberturas.....	35
4.2.6 - Redes anti-mosquito e anti-roedores	35
4.2.7 - Ventilação.....	35
4.2.8 - Instalação dos reservatórios	35
4.2.9 - Acessórios de “overflow”	36
4.2.10 - Descarga de fundo.....	36
4.2.11 - “backflow”	36
4.3 - Reservatórios: tipos e materiais	37
4.3.1 - Reservatórios em polietileno	38
4.3.1.1 - Reservatórios de superfície	38
4.3.1.2 - Reservatórios em polietileno reforçado	40
4.3.2 - Reservatórios em fibra de vidro	41
4.3.3 - Reservatório de chapa de aço galvanizado	43
4.3.4 - Reservatórios de betão	44
4.3.4.1 - Reservatórios construídos <i>in situ</i>	44
4.3.4.2 - Reservatórios de betão pré-fabricados	47
4.3.5 - Reservatórios de Ferrocimento	49
4.4 - Análise económica dos vários tipos de reservatórios.....	51

5- EQUIPAMENTOS	61
5.1 - Tratamento da água	61
5.1.1 - Filtragem	61
5.1.1.1 - Filtros instalados no tubo de queda	62
5.1.1.2 - Filtros instalados antes do reservatório	65
5.1.1.3 - Filtros no reservatório	69
5.1.2 - Tratamento biológico	70
5.1.3 - Desinfecção	70
5.2 - Entrada de água no reservatório	71
5.3 - Tomada de água	72
5.4 - “First flush”	73
5.5 - “overflow”	75
5.6 - Sistemas de bombagem e acessórios	77
5.6.1 Localização da bomba: a seco ou submersa	77
5.6.1.1 - Bombas centrífugas	77
5.6.1.2 - Bombas centrífugas auto ferrantes	78
5.6.1.3 - Bombas submersíveis	78
5.6.2 - Tipo de controlo da bomba	79
5.6.2.1 - Protecção da bomba	79
5.6.2.2 - Automatismo da bomba	80
5.6.2.3 - Suprimento e “by-pass”	81
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	87
BIBLIOGRAFIA	91
SITES CONSULTADOS	93

Índice de fontes

Fonte 1: Catálogo Rainharvesting systems	31
Fonte 2: Catálogo Rainharvesting systems	32
Fonte 3 - [13].....	35
Fonte 4: www.rainwaterharvesting.co.uk	38
Fonte 5 - Catálogo Rainharvesting systems	39
Fonte 6 - Catálogo Ecodepur.....	41
Fonte 7 - Catálogo Rainharvesting systems	47
Fonte 10 - Catálogo Constant Filtration.....	63
Fonte 11 - Catálogo Ecoágua	67

Índice de Figuras

Fig. 1 Esquema representativo de um sistema de recolha de água pluvial a verde.....	5
Fig. 2 - Consumo doméstico de água sem usos exteriores	8
Fig. 3 - Consumo doméstico de água com usos exteriores.....	8
Fig. 4 - Gráfico que relaciona capacidade do reservatório com volume de água gasta anualmente.....	25
Fig. 5 - Esquema representativo do sistema dimensionado, com instalação do sistema de controlo e bombagem da Grundfos, RMQ.....	27
Fig. 6 - Sistema indirecto ou gravítico -	31
Fig. 7- Sistema directo -	32
Fig. 8- Câmara de inspecção de reservatório enterrado	35
Fig. 9 - Reservatórios de polietileno 1) Empresa polytanksales 2) Empresa Rainbrothers	38
Fig. 10 - Reservatórios em módulos	38
Fig. 11 - Reservatórios Watersave.....	39
Fig. 12 Reservatórios superiores da Rainharvesting systems	39
Fig. 13- Reservatórios reforçados para aplicação abaixo do solo da empresa Combinedharvesters.co.uk	40
Fig. 14 - Variedade de reservatórios para uso abaixo do solo da empresa Coastlineplastics	40
Fig. 15 - Reservatório de polietileno distribuído pela empresa portuguesa Ecodepur	41
Fig. 16 - Reservatórios de fibra de vidro da empresa Watertanks	41
Fig. 17 Reservatório de fibra de vidro de 3000 litros	42
Fig. 18- Reservatórios de superfície de fibra de vidro	42
Fig. 19 - Reservatório de aço galvanizado	43
Fig. 20 - Reservatórios de aço galvanizado distribuídos pela empresa Texasrainwatertanks	44
Fig. 21 Reservatórios de betão construídos pela empresa Edwardstanks.....	44
Fig. 22 - Reservatórios integrados na sua envolvente 1) Estados Unidos 2) Brasil.....	45
Fig. 23 - Reservatório de betão armado enterrado fabricado in situ pela empresa Advanceconcretetanks	46
Fig. 24 - Reservatório de betão enterrado fabricado pela empresa Yodelaustralia.....	46
Fig. 25 - Reservatórios de betão pré- fabricados montados em série.....	47
Fig. 26 - Montagem de reservatório de betão pré-fabricado pela empresa Stark enviromental	47
Fig. 27 - - Montagem de reservatório de betão pré-fabricado pela empresa Stark enviromental	48
Fig. 28 - Peças de betão fabricadas pela empresa portuguesa Tubani	48
Fig. 29 - Reservatórios fabricados por argolas de betão-1) [2] 2) Empresa Stokcrete.....	49
Fig. 30 - Montagem de um reservatório de ferrocimento.....	50
Fig. 31 - Fases de construção de um reservatório de ferrocimento.....	50
Fig. 32- Imagens dos reservatórios na tabela 7, por ordem	53
Fig. 33 - Imagens dos reservatórios na tabela 8, por ordem	54
Fig. 34- Imagens dos reservatórios AROPOL 7242, Fiberglass rainwater tank e A & J Fibreglass Water Tanks	55
Fig. 35 - Imagens dos reservatórios na tabela 10, por ordem	56
Fig. 36 - Imagem de reservatório construído <i>in situ</i> pela empresa Concretetanks	57
Fig. 37 - Imagem de instalação em obra do reservatório e imagem de reservatório Sydney water tanks	58
Fig. 38 - Imagens de argolas de betão da empresa Farcimar	59
Fig. 39 - Imagens de reservatórios de ferrocimento produzidos pela empresa Jacobs water tanks	60
Fig. 40 - Esquema de funcionamento de um filtro Wisy [17]	62

Fig. 41 - Filtro Frogmouth distribuído pela empresa Silvan H2O	63
Fig. 42 - Filtro Tadpole distribuído pela empresa Silvan H2O	64
Fig. 43 - Filtro 3P Rainus distribuído pela empresa 3P Technick [18]	64
Fig. 44 - 1) Filtros Vortex da Wisy 2) Esquema de aplicação de um filtro vortex	65
Fig. 45 - Filtro da 3P Technick	66
Fig. 46 Esquema de funcionamento do filtro 3P Technick	66
Fig. 47 - Exemplo de aplicação de filtro 3P Technick	67
Fig. 48 - 1) Esquema de funcionamento do filtro 3P Hydrosystem 1000 Metal 2) Exemplo de aplicação	68
Fig. 49 - Filtro 3P Hydrosystem 400 Traffic	68
Fig. 50 - 1) Filtro para aplicação no reservatório 2) Exemplo de aplicação	69
Fig. 51 - Esquema de funcionamento do filtro	69
Fig. 52 - Entrada da água no reservatório	71
Fig. 53 - Freio de água da empresa Wisy	71
Fig. 54 - Tomada de água no reservatório	72
Fig. 55 - Filtros flutuantes de variados tamanhos da empresa Wisy	72
Fig. 56 - Composição dos filtros de sucção flutuantes	73
Fig. 57 - Esquema de funcionamento de sistema de “first flush” [F]	74
Fig. 58 - Imagem de sistemas de “first flush”	74
Fig. 59 - Esquema de montagem de sistemas de “overflow”	75
Fig. 60 - 3P “overflow” sifão duo 1) imagem 2) Peças	76
Fig. 61 - Válvula de prevenção de “backflow”	76
Fig. 62 Aplicação possível de uma bomba centrífuga normal	77
Fig. 63 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga auto ferrante	78
Fig. 64 - Bomba submersível	79
Fig. 65 - Reservatório de ar comprimido	80
Fig. 66 - Bomba com sensor de pressão	81
Fig. 67 - Abertura de ar do tipo AA em conformidade com norma britânica BS 8515 : 2010	82
Fig. 68 - Caixa de controlo e acessórios	82
Fig. 69 - Sistema de controlo Wisy Multimat system	83
Fig. 70 - Válvula de três vias	84
Fig. 71 - Sistema RMQ da empresa Grundfos	84
Fig. 72 - Legenda do sistema RMQ	85
Fig. 73 - Esquema de instalação de SAAP com reservatório de superfície	89
Fig. 74 - Esquema de instalação de SAAP com reservatório enterrado	89

Índice de tabelas

Tabela 1 - Valores dos coeficientes de escoamento.....	6
Tabela 2 - Os consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização	9
Tabela 3 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP	11
Tabela 4 - Precipitações diárias na cidade do Porto entre 1994 e 2003	14
Tabela 5 - Cálculo da coluna Precipitação “Útil”	15
Tabela 6 - Cálculo da coluna Volume Diário	16
Tabela 7 - Cálculo da coluna Volume Máximo	17
Tabela 8 - Cálculo da coluna Volume de água gasta	18
Tabela 9 - Cálculo da coluna Volume útil no reservatório.....	19
Tabela 10 - Cálculo da coluna Suprimento	20
Tabela 11 - Cálculo da coluna Acréscimo no Reservatório	21
Tabela 12- Cálculo da coluna Volume rejeitado.....	22
Tabela 13 - Esvaziamento no dia 27 e dia sem chuva no dia 28	23
Tabela 14 - Esvaziamento no dia 27 acompanhado com dia de chuva no dia 28	23
Tabela 15 - Quadro de cálculo do volume médio gasto anualmente	24
Tabela 16- Volume médio gasto em dez anos para cada reservatório	25
Tabela 17- Orçamento do SAAP dimensionado no capítulo anterior	26
Tabela 18- Comparação das vantagens e desvantagens da escolha da localização do reservatório [5] ..	30
Tabela 19 - Comparação entre vantagens e desvantagens dos tipos de sistemas de SAAP [9].....	33
Tabela 20 - Reservatórios usados no mundo [15].....	37
Tabela 21 - Variação de preços no estado do Texas [2].....	51
Tabela 22 - Tabela com vários modelos de reservatórios de polietileno de superfície	53
Tabela 23 - Tabela com preços de reservatórios de polietileno reforçado	54
Tabela 24 - Tabela com preços de modelos de reservatórios de fibra de vidro	55
Tabela 25 - Tabela com preços de modelos de reservatórios de chapa de aço galvanizada	56
Tabela 26- Tabela com preços de reservatórios de betão construídos <i>in situ</i>	57
Tabela 27 - Tabela com preços de reservatórios de betão pré-fabricado	58
Tabela 28 - Tabela com preços de construção de reservatório de argolas de betão.....	59
Tabela 29 - Tabela com preços de reservatórios de ferrocimento	60
Tabela 30 - Componentes do sistema RMQ da empresa Grundfos [28]	85

1

INTRODUÇÃO

1.1 - ÁGUA: CARÊNCIA E NOVA ABORDAGEM DE GESTÃO

A água potável é um bem essencial à vida. No entanto, cada vez mais este recurso se vai tornando mais escasso e a tendência, num futuro mais próximo do que a generalidade das pessoas antecipa, é no sentido de que grande parte da população não terá acesso fácil a ele. Cerca de 71% da superfície terrestre é constituída por água, mas, no entanto, apenas 2,5% está disponível para o nosso uso. Segundo a ONG Tearfund, o consumo mundial de água cresceu duas vezes mais rapidamente do que a população mundial, no último século. Este aumento da população e da diversidade de actividades praticadas pelo Homem com o uso do recurso água, conduzem à redução rápida das reservas de recursos hídricos, tornando cada vez mais a conservação deste recurso num desafio vital para a humanidade. Também o aumento da poluição é um factor que reduz a quantidade de água disponível para consumo.

É possível observar, nos dias de hoje, alguns impactos que afectam a população mundial devido à falta de água, tais como:

- Cerca de novecentas mil pessoas não têm acesso a água potável;
- Mais de dois mil milhões e meio de pessoas, ou seja, duas em cada cinco pessoas não dispõem de saneamento básico;
- Cerca de um terço das doenças mundiais deve-se a problemas ambientais como a contaminação da água.

Com a escalada destes impactos na nossa sociedade, a água passará de bem inesgotável a bem escasso, ganhando uma importância na economia global, afectando grande parte da população mundial. De acordo com as previsões do World Water Council, 23 países estarão enfrentando uma escassez absoluta de água em 2025 e entre 46 e 52 países (totalizando cerca de 3.000 milhões de pessoas), poderão sofrer de stress hídrico nessa data. Face a este cenário, torna-se evidente a urgência em repensar o uso da água, nomeadamente no ciclo predial, implementando novos paradigmas, propondo-se como base para essa actuação, uma adaptação do conhecido princípio dos 3R (Reduzir, Reutilizar, Reciclar), enunciado para os resíduos no 5º Programa de Acção em Matéria de Ambiente da União Europeia. Contudo, em relação à água, será mais apropriado definir um princípio de 4R, dado que, para além da redução dos consumos, da reutilização da água e da sua reciclagem, é importante considerar também, numa perspectiva de sustentabilidade, o recurso a origens alternativas. Dentro das preocupações de sustentabilidade, convém recordar que a qualidade deve ser ajustada às necessidades de utilização, pois um tratamento “excessivo” da água de abastecimento implica consumos desnecessários de recursos (energia, reagentes, etc.). No caso particular dos edifícios, dado que existem diferentes usos da água aos quais podem corresponder diferentes requisitos de qualidade, torna-se evidente que existem oportunidades para utilizar, de forma adequada, diferentes origens [1].

1.2 - SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) NO MUNDO

A reutilização de água é uma realidade muito presente em países como a Austrália e alguns países da América do Norte e América do Sul. Em alguns países da Europa, o aproveitamento de água de chuva é também usado em grande escala. No 2º Fórum Mundial da Água, organizado pelo Conselho Mundial da Água em Março de 2000, na Holanda, discutiu-se a metodologia utilizada há anos na Europa, principalmente em países como a Alemanha e Holanda. Neste país, a água é captada para evitar o transbordo de canais que se situam abaixo do nível do mar. A água armazenada é geralmente utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais.

Países industrializados, como o Japão e a Alemanha, estão seriamente empenhados nas soluções de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Outros países, como Estados Unidos e Singapura, estão também a desenvolver pesquisas sobre esse sistema.

Em Berlim, bem como noutras cidades da Alemanha, desde 2000 que é cobrada uma taxa pela introdução de água de chuva no sistema de drenagem urbana. Até ao ano de 2000, o município cobrava uma taxa em função da área impermeabilizada.

Em Tóquio, no Japão, a captação de água de chuva é bastante intensa por duas razões: primeiro, os reservatórios de água da rede pública que abastecem a cidade ficam distantes, o que representa a fragilidade da rede, e a cidade apresenta grandes índices de superfície pavimentada que impede a infiltração da água no solo o que é bastante favorável à sua captação. Os dois sistemas de aproveitamento de água de chuva mais utilizados no Japão são: o sistema de reservatório de água de chuva e o sistema de valas de infiltração de água de chuva.

Nos Estados Unidos o aproveitamento de água de chuva destina-se à lavagem de sanitas, veículos, refrigeração, rega de jardins e hortas. Na Austrália, o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva proporciona uma economia de 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura.

Na Austrália existem regras para o uso da água, que destacam a sua importância. Existem cinco níveis de restrição do uso, com regras severas e elevadas multas por desobediência, também. Assim, a pessoa, singular ou colectiva, que regar o jardim com mangueira fora do período estipulado pela lei, usar mangueira para lavar o carro, encher piscinas novas ou qualquer local novo que solicite uso de grande quantidade de água (as já existentes têm um limite de litros, de acordo com o tamanho), está sujeita a ser penalizada. É claro que, com tantas restrições, a alternativa de reciclar a água, inclusive a da chuva, tem sido adoptada em várias residências

1.2.1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SAAP

Assim, a captação de água da chuva é já uma prática muito difundida em alguns países onde têm sido desenvolvidos novos sistemas, possibilitando a captação de água de boa qualidade, de forma simples e económica.

A utilização de água de chuva apresenta várias vantagens:

- Redução do consumo de água da rede pública;
- Os investimentos de tempo e dinheiro são, quando se trata de captação de água pluvial em telhados, geralmente positivos podendo variar o tempo de retorno
- É importante ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso, especialmente quando este pode estar disponível em abundância no nosso telhado;
- Encoraja a conservação de água, a auto-suficiência e uma postura activa e positiva perante os problemas ambientais.

Por outro lado, também é importante salientar que, para além de ser uma medida que contribui para a conservação de água, a captação de água de chuva é também uma medida que contribui para a conservação de energia, uma vez que é necessária pouca energia para o funcionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva.

No entanto, a captação de água de chuva também traz algumas desvantagens. Poderíamos apontar como tal o custo da instalação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), bem como a diminuição do volume de água que é captada em momentos de seca. É ainda pertinente enunciar a importância da manutenção deste sistema, de forma a evitar problemas sanitários.

Apesar destas desvantagens, quando analisados os benefícios inerentes à implementação destes sistemas, percebemos que é capaz de fazer face aos problemas ligados à escassez de água de forma sustentável.

Em 2009 foi desenvolvido pela ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais) um documento que oferece informação e linhas orientadoras para a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Este documento é a Especificação Técnica da ANQIP 0701, o qual foi utilizado ao longo deste trabalho como fonte de informação. Esta especificação técnica foi realizada por uma Comissão Técnica envolvendo várias entidades com ligações a este tema.

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por 6 capítulos sendo que em cada um deles se foca com mais detalhe um aspecto referente aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou SAAP.

Este trabalho começará com uma breve explicação sobre os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais ou SAAP. Serão descritas sumariamente as diferentes etapas pelas quais a água passa, desde a sua recolha até à sua condução aos pontos de consumo, por bombagem.

De forma a definir as características do SAAP, mais precisamente do volume do reservatório a aplicar em determinada exploração, quer doméstica quer industrial, são descritos alguns dos valores necessários para a sua determinação, como também os métodos mais importantes para este efeito. Foi elaborado um programa para esse efeito. Este programa foi chamado RESAP (Reservatórios de Águas Pluviais) e foi elaborado em conjunto com o Prof. Doutor Mário Valente Neves. Descreveremos, detalhadamente, cada passo do programa com o objectivo de determinar os volumes de água realmente aproveitados, em função da capacidade do reservatório em estudo.

Neste capítulo focaremos a nossa atenção na componente mais cara dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais: o(s) reservatório(s). Os reservatórios são também uma das componentes mais importantes pois o fornecimento da água depende do seu bom funcionamento. Na escolha da localização e do material de um reservatório de SAAP é necessário analisar toda a informação sobre as diferentes opções disponíveis de modo que a escolha do tipo do reservatório e sua localização sejam a mais correcta possível, visto que é esperado que este tipo de instalação tenha uma durabilidade compensadora de investimento.

Este capítulo aponta a dois objectivos principais. O primeiro consiste na descrição dos requisitos gerais dos reservatórios para SAAP, ou seja, as características gerais que os reservatórios devem possuir, mediante a escolha do tipo de sistema de aproveitamento pretendido. O material e o número de reservatórios dependerão do tipo de sistema de aproveitamento que se pretende, mais especificamente, da preferência do consumidor entre um reservatório enterrado ou à superfície e entre um sistema directo ou indirecto.

A segunda parte deste capítulo pretende mostrar os diferentes tipos de reservatório passíveis de serem utilizados num sistema de aproveitamento de águas pluviais. Tentar-se-á fornecer o máximo de informação sobre materiais, modos de instalação, vantagens e desvantagens de cada um para que o leitor seja capaz de fazer uma escolha mais bem fundamentada, no caso de pretender comprar um reservatório para água da chuva.

No capítulo 5 deste trabalho, descreveremos detalhadamente os diferentes equipamentos utilizados nos SAAP nas várias etapas que a água passa dentro de um SAAP. Daremos particular importância aos processos de filtração a que se pode submeter a água, tanto nos filtros como no próprio reservatório, bem como às diferentes formas de bombear a água aos pontos de consumo, sejam eles bacias de retrete, máquinas de lavar roupa ou torneiras para rega.

No capítulo final apresentaremos as conclusões e recomendações que se podem retirar do trabalho realizado, com especial incidência na análise dos resultados obtidos a partir do programa RESAP e na análise económica realizada aos reservatórios de sistemas de água pluvial

2

BASES TEÓRICAS

2.1 - CONCEITO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFÍCIOS

O aproveitamento de águas pluviais consiste na recolha, desvio e armazenamento de águas pluviais para posterior utilização doméstica [2]. O objectivo principal destes sistemas consiste em substituir a água de uso doméstico sem exigência de potabilidade, por água pluvial devidamente recolhida e fornecida, sendo tratada durante o percurso entre recolha e fornecimento. Este campo tem sido alvo de permanente estudo e desenvolvimento.

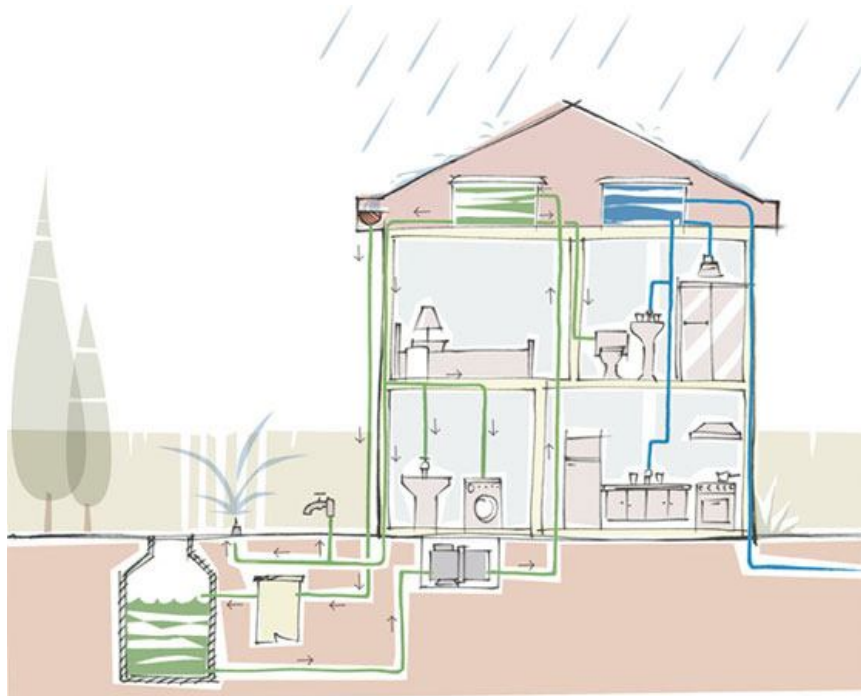


Fig. 1 Esquema representativo de um sistema de recolha de água pluvial a verde

O sistema de recolha de águas pluviais pode ser dividido em etapas para uma melhor compreensão

- Recolha
- Condução e Tratamento
- Armazenamento
- Condução para pontos de utilização

2.1.1- RECOLHA

As superfícies dos edifícios onde normalmente é feita a recolha das águas pluviais são os telhados e terraços porque representam a maior área impermeável do terreno ocupado e a maneira mais fácil e próxima de recolher a água, promovendo a menor contaminação possível. A qualidade da água recolhida nestas superfícies depende dos materiais usados na sua construção e dos resíduos que, ao longo do tempo, se vão depositando. Normalmente, após longos períodos de tempo entre precipitações, os telhados tendem a ficar mais sujos e, por isso, recomenda-se o não aproveitamento das primeiras águas. A quantidade de água que se obtém dificilmente é igual à que precipita. Este facto deve-se a perdas aquando do processo de recolha, tais como a evaporação, arrastamento pelo vento, ou mesmo pequenas fugas no percurso [4]. Para contabilizar estas perdas é necessário introduzir o conceito de coeficiente de escoamento.

2.1.1.1- Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento é dado em função das características da superfície e representa o quociente entre o volume total de escoamento superficial num determinado período de tempo e o volume total precipitado nesse período.

A ETA 0701[3] define valores para este coeficiente, em função das coberturas que estão disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1- Valores dos coeficientes de escoamento

Tipo de cobertura	Coeficiente de escoamento
Coberturas impermeáveis (telha, cimento, asfalto, etc.)	0,8
Coberturas planas com gravilha	0,6
Coberturas verdes extensivas (pouco porosas)	0,5
Coberturas verdes intensivas (muito porosas)	0,3

2.1.1.2 - Área de captação

A quantidade de água captada depende da área de captação, logo, quanto maior esta for, maior será o volume de água disponível. A superfície de recolha é a grande responsável pela qualidade final da água, logo, e de acordo com as exigências de qualidade, a recolha poderá em alguns casos ser alargada da cobertura para pavimentos transitáveis ou vias de comunicação [4].

A área referente à captação de uma qualquer exploração define-se pela projecção horizontal dos seus planos. Assim, a área de recolha de água de um edifício é dada, normalmente, pela área de implantação deste.

2.1.2 - CONDUÇÃO E TRATAMENTO

2.1.2.1 - Condução

A água captada é conduzida para o reservatório através de órgãos de condução incluindo-se nesta denominação as caleiras e os tubos de queda. Para além da água, estes dispositivos recolhem todo o tipo de detritos que acabam por contribuir para o crescimento bacteriano e para a contaminação da água no reservatório.

2.1.2.2 – Tratamento e coeficiente de eficiência de filtragem

Quando decorrem grandes períodos de tempo seco aconselha-se a não aproveitar a água da primeira chuvada “first flush”, pois geralmente contém uma carga muito elevada de pó acumulado e detritos que vão de folhas a dejectos de pássaro. Recomenda-se por isso o desvio das primeiras águas.

Outros órgãos instalados para tratar a água são os filtros. Estes acessórios são visíveis na Fig. 1 e localizam-se geralmente antes do reservatório. O objectivo dos filtros é remover a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequenas dimensões da água antes do seu armazenamento, evitando as condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos ou algas.

A ETA 0701 [3] admite uma eficiência de filtragem de 0,9 para filtros com manutenção e limpeza regulares a menos que as características do sistema recomendem a adopção de outro valor, sendo este valor definido como sendo a relação entre a quantidade de água filtrada que chega à cisterna e a quantidade de água da chuva que chega ao filtro [3].

2.1.3. - ARMAZENAMENTO

O reservatório é um dos componentes mais importantes de um SAAP, tanto como factor de influência na qualidade da água, como peça mais dispendiosa do investimento ou como factor de optimização da água disponível versus necessidades de abastecimento. Este tema será largamente discutido no decorrer deste trabalho.

2.1.4 - CONDUÇÃO PARA PONTOS DE CONSUMO

A menos que o reservatório esteja colocado a uma altura que permita a distribuição da água até ao local de consumo por gravidade, deverá ser colocado um grupo de pressão. Este inclui motor, bomba e quadro eléctrico.

O SAAP pode ser todo automatizado mediante a instalação de um controlador. Este recebe informações sobre a ocorrência de chuva e o nível de água no reservatório, permitindo fazer o controlo da electroválvula que regula o “first flush”, do grupo electro-bomba e da entrada da água potável na cisterna [4].

2.2 - USOS DA ÁGUA RECOLHIDA E CONSUMOS

2.2.1 - Usos

A água da chuva pode ter, entre outros, os seguintes usos [3][1]:

- Descarga de bacia de retrete
- Lavagem de roupas
- Lavagem de pavimentos, automóveis
- Rega de zonas verdes
- Usos industriais (torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC)

2.2.2 - CONSUMOS

A água da chuva conseguida através de processos sem qualquer desinfecção ou filtragem complexa, não serve, geralmente, para consumo humano, qualificando-se como água de segunda qualidade. Esta água pode ser usada em algumas tarefas domésticas sem pôr em causa a sua eficácia. A limpeza de sanitas, mictórios e a rega são tarefas que necessitam de grandes quantidades de água. Por exemplo, em média, uma pessoa utiliza a bacia de retrete entre sete e oito vezes por dia, das quais cerca de seis

para micção e as restantes para defecação, então, se em cada descarga do autoclismo forem utilizados dez litros, percebe-se que ao fim de um dia uma pessoa gasta entre setenta e oitenta litros de água [4].

De acordo com um estudo realizado pelo LNEC, abrangendo uma amostra populacional de 100 pessoas (40 habitações), é possível estimar o consumo doméstico de água como se pode verificar nas figuras seguintes.

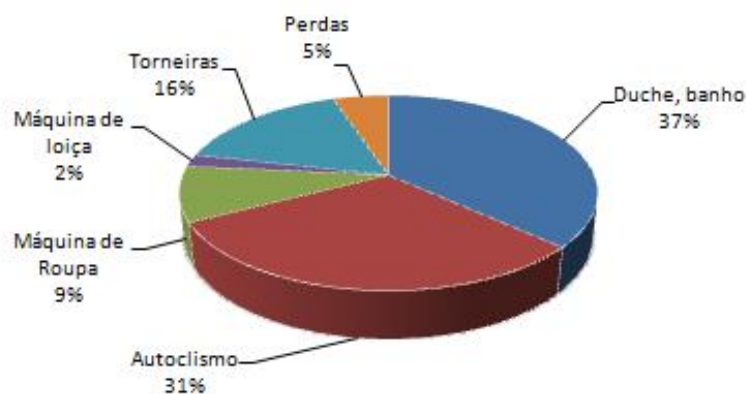


Fig. 2 - Consumo doméstico de água sem usos exteriores

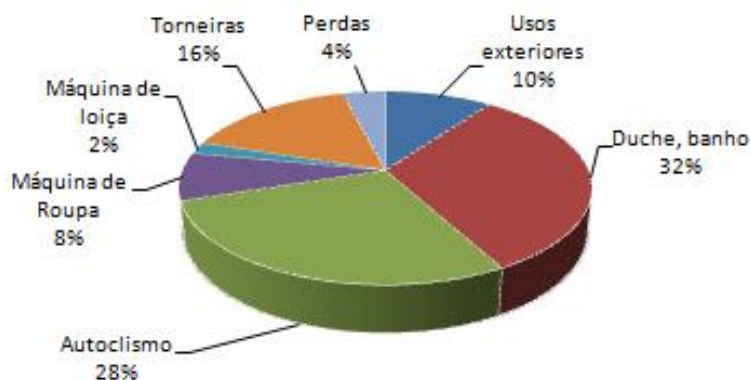


Fig. 3 - Consumo doméstico de água com usos exteriores

Os consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização são definidos no ETA 0701 [3].

Tabela 2 - Os consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização

Dispositivo ou utilização			Consumo unitário	Consumo anual estimado
Autoclismos (categoria "A") ¹ em residências			24 l/(pessoa.dia)	8800 l/pessoa
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios de serviços (escritórios, etc.)			12 l/(pessoa.dia)	4400 l/pessoa
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios escolares			6 l/(pessoa.dia)	2200 l/pessoa
Lavagem de roupa (máquina da categoria "A") ²			10 l/(pessoa.dia)	3700 l/pessoa
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos		5 l/m ²	1000 l/pessoa ³
	Lavagem de automóveis (<i>self-service</i>)		50 l/automóvel	
Zonas verdes (valores para anos médios) ⁴	Valores totais (em 6 meses) - Abril a Set. -	Relvados ⁵	-	450 a 800 l/m ²
		Jardins ⁶	-	60 a 400 l/ m ²
		Campos de golfe ^{7,8}	-	200 a 450 l/ m ²
	Valores máximos (por dia) - no Verão -	Relvados ⁵	5 a 7 l/ m ²	-
		Jardins ⁶	1,5 a 5 l/ m ²	-
		Campos de golfe ^{7,8}	2 a 4,5 l/ m ²	-

¹ Autoclismo de 6 litros com dupla descarga.

² Máquina com consumo de 9 a 12 litros por kg.

³ Trata-se de uma estimativa grosseira para residências, pois o global pode variar de forma muito significativa.

⁴ Considera-se que, em Portugal, a rega de espaços verdes deve ser considerada como uma utilização temporalmente limitada nos SAAP, dado que as maiores necessidades de rega surgem nos períodos de estiagem mais prolongados. Por este motivo, entende-se que não há interesse em considerar valores totais superiores aos indicados como estimativas médias semestrais. Deve ainda salientar-se a tendência actual para a realização de jardins sem necessidade de rega.

⁵ Função do tipo de relva, do tipo de solo e da zona do país.

⁶ Função do tipo de culturas, do tipo de solo e da zona do país (considerando um misto de relvados e zonas arbustivas).

⁷ Valor médio, ponderando as áreas destinadas a *greens e tees*, a *farways e surrounds*, a *roughs e semi-roughs* e a zonas de enquadramento.

⁸ Função do tipo de solo e da zona do país.

2.2.3 - REGA

Uma utilização eficiente da água implica que não haja desperdícios, quer por razões ambientais quer por motivos económicos, uma vez que a água desperdiçada implica gastos desnecessários.

Nos prados, por exemplo, as plantas organizam-se, distribuem-se de acordo com as suas necessidades de água, pelo que de acordo com esta lógica, os sistemas de rega deveriam ser organizados segundo as necessidades das plantas, ou seja, as plantas com diferentes necessidades são regadas de forma separada. Podemos tomar como exemplo a relva que deve ser regada separadamente dos arbustos e flores.

Por conseguinte, a rega é um factor muito importante no bom desenvolvimento das vegetações e é utilizada quando o grau de humidade no solo é insuficiente.

A água pode ser distribuída segundo duas formas: o sistema automático ou manual com mangueiras. No primeiro caso devemos tomar atenção ao facto de que as características do equipamento devem estar adaptadas às áreas e às diferentes plantas.

Numa fase inicial, em que a vegetação se está a adaptar ao local, a rega deve efectuada com mais frequência. Contudo, perante uma situação de falta de água, as regas devem ser realizadas quinzenalmente, de forma local e em caldeira, na primavera e verão, tendo em linha de consideração o regime climático.

A quantidade de água para rega das árvores depende da dimensão destas, no entanto, deve ser em média de 25 l/árvore em cada 15 dias de estação seca. Por outro lado, perante as situações de árvores regadas em caldeira, as mesmas podem ser revestidas com casca de pinheiro para uma conservação mais eficaz da humidade no solo.

2.3 - MANUTENÇÃO

Independentemente das intervenções excepcionais de reparação e na ausência de condições que recomendem intervenções em períodos mais curtos, a manutenção do SAAP deverá ser realizada de acordo com as frequências mínimas indicadas na Tabela 3.

As inspecções podem ser realizadas pelos utilizadores, mas, nos âmbitos da manutenção dos sistemas de bombagem e de tratamento, deve considerar-se a intervenção de técnicos especializados.

Quando se utilizem, nas operações de manutenção ou higienização, produtos potencialmente nocivos para a saúde humana ou para o ambiente, devem tomar-se medidas que impeçam o lançamento dos efluentes resultantes dessas operações no ciclo pluvial natural ou na rede de drenagem de águas residuais sem a necessária verificação de compatibilidade com os componentes naturais, canalizações e órgãos de tratamento a jusante, recorrendo a pré-tratamento, quando necessário. [3]

Tabela 3 - Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP

Componentes	Frequência da manutenção
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio das primeiras águas ou <i>first flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	<i>De acordo com as indicações do fabricante</i>
Cisterna	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

2.4 - MÉTODOS DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

O dimensionamento de um reservatório para aproveitamento das águas das chuvas deveria passar pela análise do custo-benefício. Isto é, um reservatório grande é mais caro que um reservatório pequeno mas, em contrapartida, permite, em regra, aproveitar maior volume de água, porque não transborda com tanta frequência nas alturas em que a afluência ao SAAP excede o consumo. Por outro lado, não pode dissociar-se da precipitação na zona, e o método de cálculo será tanto mais preciso quanto mais fina for a análise das precipitações.

O Capítulo seguinte descreve, com detalhe, o programa de cálculo automático RESAP, desenvolvido na Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, o qual vem sendo objecto de sucessivos melhoramentos. Trata-se de um programa que utiliza registos diários de precipitações, durante um período considerado significativo do clima da região (em geral trabalha com registos realizados ao longo de 10 anos) para fazer um balanço diário entre a afluência ao SAAP e o consumo.

Será esse o procedimento mais fiável, mas são também conhecidos métodos expeditos propostos por outros autores, os quais passaremos a descrever [3].

2.4.1 - MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adoptado}} = \text{Mín} [\text{volume anual e chuva; volume anual de consumo}] \times 0,06 \text{ (6\%)}$$

Onde:

V_{ap} , volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

$V_{adoptado}$, volume de água do reservatório, em litros.

2.4.2 - MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q_m = A \times C \times (P_{mm} - I)$$

Onde:

P_{mm} , precipitação média mensal, em milímetros;

I , quantidade de água que molha as superfícies e que se perde por evaporação, geralmente 2mm;

Q_m , volume mensal produzido pela chuva, (m^3).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam obtidos valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

V_t , volume de água que está no tanque no fim do mês t , (m^3);

V_{t-1} , volume de água que está no tanque no início do mês t , (m^3);

NOTA: Para o primeiro mês considerar o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

A confiança é definida por:

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

Onde,

$$P_r = N_r / N$$

Onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu ao consumo, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

3

PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO RESAP - CASO DE ESTUDO

3.1-PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO RESAP

Neste capítulo pretende-se obter os valores, mais especificamente, dos volumes de água da chuva que podem ser aproveitados quando instalado um SAAP. Esta estimativa será realizada para um intervalo de volumes de reservatórios de maneira a ser clara a influência deste aspecto na instalação de um sistema SAAP e também quantificar o ganho que estes sistemas podem oferecer. Com base nesta análise é possível determinar a capacidade que o reservatório deverá ter para melhor se adequar aos consumos expectáveis, fazendo com que seja o mais económico possível.

Assim, este primeiro caso de estudo foca-se numa moradia do tipo geminado com uma superfície de captação de 117 m², dispondo de quatro sanitas do tipo dual. Admite-se que cada sanitário consumirá 24 l/dia [3], ou seja, um consumo total da moradia de 96 l/dia, que tentará ser abastecido tanto quanto possível com água proveniente do SAAP. Quando esta situação é impossível ou por inexistência de água armazenada ou decorrente do esvaziamento mensal imposto por razões de qualidade da água [3], o abastecimento de água deverá ser mantido pela rede pública. Esta análise foi realizada para um intervalo de capacidades de reservatório entre 1000 e 5000 litros, com intervalos de 500 litros. Outros dados necessários são os já referidos coeficiente de escoamento da cobertura e o coeficiente da eficiência da filtragem, de valor 0,9 e 0,8 respectivamente.

Para analisar os volumes de água da chuva aproveitados é necessário, essencialmente, obter os registos da precipitação na região que se pretende analisar, neste caso a cidade do Porto. Para obter uma estimativa consideravelmente precisa usa-se um registo das precipitações diárias, num intervalo de dez anos dos 12 meses do ano: de 1994 a 2003.

Para a análise descrita acima foi usado um programa desenvolvido em conjunto com o Professor Mário Valente Neves chamado RESAP. De seguida serão descritos detalhadamente todos os passos que compõem este programa, permitindo chegar aos volumes de água aproveitados. De realçar que, para simplificar a explicação, se tomará como exemplo os primeiros quinze dias do mês de Outubro do ano 1994, os dados apresentados acima e um reservatório com capacidade de 4000 litros.

Tabela 4 - Precipitações diárias na cidade do Porto entre 1994 e 2003

Mês	Dia	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Precipitações diárias (mm)											
Outubro	1	0	0	8	0	6	0	1	2	36	32
	2	0	0	0	0	4	0	3	1	1	21
	3	0	0	0	0	0	0	0	6	0	31
	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	41	18	0	0	16	0	0	6	0	0
	6	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0
	7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	12	1	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	41	31	0
	10	5	0	0	6	0	0	4	0	5	0
	11	2	0	0	12	0	0	20	0	0	0
	12	0	0	0	3	0	10	7	2	6	22
	13	0	0	19	0	0	1	0	0	2	1
	14	3	0	14	0	0	0	0	0	9	0
	15	14	0	1	0	0	0	3	22	33	0
	16	0	0	2	0	0	15	0	0	9	0
	17	0	0	4	0	0	10	0	2	12	0
	18	8	0	9	0	10	0	0	21	0	0
	19	12	0	9	48	2	1	24	15	0	25
	20	4	0	0	12	0	39	3	13	14	12
	21	14	0	0	13	0	7	5	8	18	10
	22	22	0	0	0	0	60	0	61	21	0
	23	18	0	0	8	1	18	0	6	14	1
	24	5	12	0	0	1	39	0	0	4	0
	25	9	9	1	1	3	25	0	0	13	1
	26	0	10	0	8	7	9	1	0	0	6
	27	0	18	0	24	0	0	0	0	0	3
	28	0	8	0	2	0	0	0	1	0	4
	29	0	4	11	0	0	1	3	17	0	1
	30	0	0	0	0	0	11	1	0	14	5
	31	0	2	0	0	0	8	22	0	1	32

3.1.1 - PASSO NÚMERO 1 : CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO ÚTIL

Devido á imposição do desvio das primeiras chuvas do sistema (“first flush”), o volume de água que entrará no sistema será menor. Para fazer notar este efeito e considerando o valor de “first flush” de 1 mm [3], subtraiu-se as precipitações diárias o valor de 1 mm, obtendo-se uma coluna representando a quantidade de água que entrará realmente no sistema para posterior utilização. Esta “altura” de água foi denominada precipitação útil.

Tabela 5 - Cálculo da coluna Precipitação “Útil”

1994				
Meses	Dia	Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)
Outubro	1	0	96	0
	2	0	96	0
	3	0	96	0
	4	6	96	5
	5	41	96	40
	6	0	96	0
	7	0	96	0
	8	0	96	0
	9	0	96	0
	10	5	96	4
	11	2	96	1
	12	0	96	0
	13	0	96	0
	14	3	96	2
	15	14	96	13

3.1.2 - PASSO NÚMERO 2 : CÁLCULO DO VOLUME DIÁRIO AFLUENTE

Calculada a coluna da precipitação útil, procede-se ao cálculo do volume de água que entra realmente no sistema, ou seja, afluente. Este volume é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$V_a = C.P.A.\eta_f$$

Onde

- V_a - Volume diário de água da chuva afluente (litros);
- C - Coeficiente de escoamento da cobertura;
- P - Precipitação diária útil (mm);
- A - Superfície de captação (m^2);
- η_f - Eficiência hidráulica da filtragem;

No cálculo destes volumes foi usado um valor de 0,72 para o produto entre o coeficiente de escoamento da cobertura e eficiência hidráulica da filtragem. Do uso desta fórmula resulta o volume diário de água que pode ser aproveitável. Este volume foi denominado “volume diário afluente” e considera-se que para cada dia esse volume entra no sistema no final desse dia, ou seja a água que entra no dia 4 só poderá ser utilizada no dia seguinte, dia 5.

Tabela 6 - Cálculo da coluna Volume Diário Afluente

Meses	Dia	1994			Volume diário afluente (litros)
		Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	
Outubro	1	0	96	0	0
	2	0	96	0	0
	3	0	96	0	0
	4	6	96	5	404
	5	41	96	40	3327
	6	0	96	0	0
	7	0	96	0	0
	8	0	96	0	0
	9	0	96	0	0
	10	5	96	4	303
	11	2	96	1	101
	12	0	96	0	0
	13	0	96	0	0
	14	3	96	2	152
	15	14	96	13	1087

3.1.3 - PASSO NÚMERO 3 : CÁLCULO DO VOLUME MÁXIMO

Neste passo determinar-se-á o volume máximo que poderá, dependendo da quantidade de água já presente no reservatório, ser usado. Embora este volume não pareça ter grande importância, será essencial para cálculos que se explicarão mais à frente. Este valor é definido como o mínimo entre o valor do volume diário afluente (passo anterior) e a capacidade máxima do reservatório em estudo, neste caso, 4000 litros.

Tabela 7 - Cálculo da coluna Volume Máximo

Meses	Dia	1994				Volume máximo (litros)
		Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluente(litros)	
Outubro	1	0	96	0	0	0
	2	0	96	0	0	0
	3	0	96	0	0	0
	4	6	96	5	404	404
	5	41	96	40	3327	3327
	6	0	96	0	0	0
	7	0	96	0	0	0
	8	0	96	0	0	0
	9	0	96	0	0	0
	10	5	96	4	303	303
	11	2	96	1	101	101
	12	0	96	0	0	0
	13	0	96	0	0	0
	14	3	96	2	152	152
	15	14	96	13	1087	1087

3.1.4 - PASSO NÚMERO 4 : CÁLCULO DE ÁGUA UTILIZADA

O passo seguinte consiste na utilização da água armazenada no reservatório no dia ou dias anteriores. É fácil perceber que este volume nunca poderá ultrapassar o consumo diário médio, já definido, de 96 l/dia. Nesta altura, deparamo-nos com quatro situações distintas, dependendo da quantidade de água no reservatório e da precipitação que ocorre nessa altura do ano.

- O reservatório encontra-se vazio e não ocorre precipitação, ou seja, o consumo terá que ser assegurado com água proveniente da rede pública (suprimento)
- O reservatório encontra-se com água mas não em quantidade suficiente para assegurar o consumo pretendido o que leva a que uma parte do consumo diário seja assegurado pela rede pública (suprimento)

- O reservatório possui água suficiente para assegurar o consumo. Neste caso, o facto de ocorrer precipitação no dia em questão, vai ditar que o reservatório terá água para assegurar o consumo no dia seguinte. Se chover, terá capacidade para abastecer pelo menos uma parte dependendo da quantidade de precipitação. Se não chover, o reservatório estará vazio no dia seguinte e o consumo será assegurado pela rede pública.
- O reservatório tem água suficiente para assegurar o consumo e ainda possui água armazenada resultante de precipitação dos dias anteriores, sendo por isso o consumo assegurado por água do SAAP nos dias seguintes. Neste caso, a precipitação tem importância no restabelecimento da água armazenada no reservatório. Assim, se durante os dias em análise ocorrer precipitação, a água presente no reservatório vai ser restabelecida até ao máximo da capacidade do reservatório em análise, neste caso 4000 litros. Se chover durante um período de tempo considerável e em quantidade elevada, além do restabelecimento já referido poderá ocorrer a necessidade de conduzir a água em excesso para fora do sistema (“overflow”). Se pelo contrário não chover na altura que o reservatório está cheio a água será fornecida à habitação até o volume baixar para um valor menor, até estar vazio.

Todas estas situações estão devidamente retratadas de um modo automático no programa RESAP, no qual o valor de volume utilizado é o mínimo entre o consumo diário e o volume útil no reservatório no dia anterior, grandeza esta que será obtida no passo seguinte.

Tabela 8 - Cálculo da coluna Volume de Água Utilizado

		1994					
Meses	Dia	Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluente (litros)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)
Outubro	1	0	96	0	0	0	0
	2	0	96	0	0	0	0
	3	0	96	0	0	0	0
	4	6	96	5	404	404	0
	5	41	96	40	3327	3327	96
	6	0	96	0	0	0	96
	7	0	96	0	0	0	96
	8	0	96	0	0	0	96
	9	0	96	0	0	0	96
	10	5	96	4	303	303	96
	11	2	96	1	101	101	96
	12	0	96	0	0	0	96
	13	0	96	0	0	0	96
	14	3	96	2	152	152	96
	15	14	96	13	1087	1087	96

3.1.5 - PASSO NÚMERO 5 : CÁLCULO VOLUME ÚTIL NO RESERVATÓRIO

A coluna seguinte corresponde ao volume que realmente está disponível para ser utilizado e foi denominado “volume útil no reservatório”. Este valor é definido como o mínimo entre a capacidade do reservatório e o somatório entre volume máximo utilizável no dia n e o volume útil no reservatório no dia n-1 subtraído do volume gasto no dia n. De realçar que o volume útil presente no reservatório no dia n só poderá ser utilizado no dia n+1 de modo a simplificar este tipo de análise.

Tabela 9 - Cálculo da coluna Volume útil no Reservatório

		1994						
Meses	Dia	Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluente (litros)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)
Outubro	1	0	96	0	0	0	0	0
	2	0	96	0	0	0	0	0
	3	0	96	0	0	0	0	0
	4	6	96	5	404	404	0	404
	5	41	96	40	3327	3327	96	3636
	6	0	96	0	0	0	96	3540
	7	0	96	0	0	0	96	3444
	8	0	96	0	0	0	96	3348
	9	0	96	0	0	0	96	3252
	10	5	96	4	303	303	96	3459
	11	2	96	1	101	101	96	3464
	12	0	96	0	0	0	96	3368
	13	0	96	0	0	0	96	3272
	14	3	96	2	152	152	96	3328
	15	14	96	13	1087	1087	96	4000

3.1.6 - PASSO NÚMERO 6 : CÁLCULO DO SUPRIMENTO

A partir deste passo as colunas que se seguem podem ser chamadas colunas auxiliares visto que não entraram directamente no cálculo dos volumes de água aproveitados. A coluna correspondente a este passo diz respeito ao suprimento, que se define como sendo a água que tem que ser utilizada da rede pública para assegurar o consumo diário. Assim este valor é definido como sendo a diferença entre o consumo diário e o volume de água utilizado no mesmo dia. Como já foi explicado o suprimento pode ser parcial ou total dependendo da água armazenada e das condições meteorológicas. De realçar que o volume utilizado não poderá nunca ultrapassar o consumo diário.

Tabela 10 - Cálculo da coluna Suprimento

Dia	1994							Suprimento (litros)
	Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluente (litros)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)	
1	0	96	0	0	0	0	0	96
2	0	96	0	0	0	0	0	96
3	0	96	0	0	0	0	0	96
4	6	96	5	404	404	0	404	96
5	41	96	40	3327	3327	96	3636	0
6	0	96	0	0	0	96	3540	0
7	0	96	0	0	0	96	3444	0
8	0	96	0	0	0	96	3348	0
9	0	96	0	0	0	96	3252	0
10	5	96	4	303	303	96	3459	0
11	2	96	1	101	101	96	3464	0
12	0	96	0	0	0	96	3368	0
13	0	96	0	0	0	96	3272	0
14	3	96	2	152	152	96	3328	0
15	14	96	13	1087	1087	96	4000	0

3.1.7 - PASSO NÚMERO 7 : CÁLCULO ACRÉSCIMO NO RESERVATÓRIO

Neste passo calcula-se o acréscimo de água no reservatório, valor com particular interesse no cálculo da água rejeitada pelo sistema como se poderá ver no passo seguinte. Este valor define-se como sendo a diferença entre o volume útil no reservatório, em dois dias consecutivos. De notar que quando o reservatório se encontra a esvaziar este valor toma o valor mínimo de 0.

Tabela 11 - Cálculo da coluna Acréscimo no Reservatório

1994									
	Precipitação diária (mm)	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluente (litros)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)	Suprimento (litros)	Acréscimo no reservatório (litros)
1	0	96	0	0	0	0	0	96	0
2	0	96	0	0	0	0	0	96	0
3	0	96	0	0	0	0	0	96	0
4	6	96	5	404	404	0	404	96	404
5	41	96	40	3327	3327	96	3636	0	3231
6	0	96	0	0	0	96	3540	0	0
7	0	96	0	0	0	96	3444	0	0
8	0	96	0	0	0	96	3348	0	0
9	0	96	0	0	0	96	3252	0	0
10	5	96	4	303	303	96	3459	0	207
11	2	96	1	101	101	96	3464	0	5
12	0	96	0	0	0	96	3368	0	0
13	0	96	0	0	0	96	3272	0	0
14	3	96	2	152	152	96	3328	0	56
15	14	96	13	1087	1087	96	4000	0	672

3.1.8 - PASSO NÚMERO 8 : CÁLCULO DO VOLUME REJEITADO

Neste passo do programa é calculado o volume rejeitado que embora não seja o principal objectivo desta análise, pode ser importante na medida que nos dá uma ideia se o sistema está ou não a aproveitar a totalidade de água que chove. Como se pode ver o aproveitamento de toda a água é impossível e, para casos em que o consumo e a própria capacidade do reservatório são relativamente pequenos, resulta num maior desaproveitamento da água das chuvas. Este valor pode então ser útil na medida que nos permite um redimensionamento de maneira a que seja aproveitada uma maior quantidade de água sempre conjugando os aspectos do investimento. Por fim, este valor é definido com sendo a diferença entre o volume diário e o somatório entre o volume de água gasto e o acréscimo de água no reservatório, nesse dia.

Tabela 12- Cálculo da coluna Volume rejeitado

1994									
	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume diário afluyente (litros)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)	Suprimento (litros)	Acréscimo no reservatório (litros)	Volume rejeitado (litros)
1	96	0	0	0	0	0	96	0	0
2	96	0	0	0	0	0	96	0	0
3	96	0	0	0	0	0	96	0	0
4	96	5	404	404	0	404	96	404	0
5	96	40	3327	3327	96	3636	0	3231	0
6	96	0	0	0	96	3540	0	0	0
7	96	0	0	0	96	3444	0	0	0
8	96	0	0	0	96	3348	0	0	0
9	96	0	0	0	96	3252	0	0	0
10	96	4	303	303	96	3459	0	207	0
11	96	1	101	101	96	3464	0	5	0
12	96	0	0	0	96	3368	0	0	0
13	96	0	0	0	96	3272	0	0	0
14	96	2	152	152	96	3328	0	56	0
15	96	13	1087	1087	96	4000	0	672	319

3.1.9 - PASSO NÚMERO 9 : REGRA DO ESVAZIAMENTO MENSAL

Este passo apresenta uma grande diferença em relação aos anteriores: não se traduzirá numa nova coluna de cálculo. Este passo baseia-se no cumprimento de uma regra para assegurar a qualidade da água e consiste na operação de esvaziamento mensal do reservatório [3]. Para esta operação de limpeza foi considerado que o reservatório será esvaziado no final do dia 27 de cada mês fazendo com que no dia 28 de cada mês se torne impossível abastecer a habitação com água proveniente do SAAP. No entanto, isto não impede que, caso chova no dia 28, o reservatório possa voltar a ser abastecido. De seguida mostrar-se-ão dois exemplos representativos das diferentes situações que poderão ocorrer durante estes dois dias.

Tabela 13 - Esvaziamento no dia 27 e dia sem chuva no dia 28

1994									
	Dia	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)	Suprimento (litros)	Acréscimo no reservatório (litros)	Volume rejeitado (litros)
Outubro	22	96	21	1727	96	4000	0	0	1631
	23	96	17	1432	96	4000	0	0	1336
	24	96	4	337	96	4000	0	0	241
	25	96	8	665	96	4000	0	0	569
	26	96	0	0	96	3904	0	0	0
	27	96	0	0	96	3808	0	0	3808
	28	96	0	0	0	0	96	0	0
	29	96	0	0	0	0	96	0	0
	30	96	0	0	0	0	96	0	0
	31	96	0	0	0	0	96	0	0

Tabela 14 - Esvaziamento no dia 27 acompanhado com dia de chuva no dia 28

1994									
	Dia	Consumo diário (litros)	Precipitação "útil" (mm)	Volume máximo (litros)	Volume de água utilizado (litros)	Volume útil no reservatório (litros)	Suprimento (litros)	Acréscimo no reservatório (litros)	Volume rejeitado (litros)
Janeiro	22	96	2	185	96	4000	0	0	89
	23	96	6	497	96	4000	0	0	401
	24	96	24	2013	96	4000	0	0	1917
	25	96	4	312	96	4000	0	0	216
	26	96	10	809	96	4000	0	0	713
	27	96	2	126	96	4000	0	0	4000
	28	96	7	581	0	581	96	581	0
	29	96	1	118	96	603	0	22	0
	30	96	24	2022	96	2529	0	1926	0
	31	96	0	0	96	2433	0	0	0

3.1.10 - PASSO NÚMERO 10 : CÁLCULO DO VOLUME MÉDIO GASTO ANUALMENTE

Este passo consiste em fazer o somatório da coluna do volume de água utilizado. Este valor representa o volume de água da chuva que foi realmente consumida, ao longo dos dez anos, para uma capacidade de armazenamento. Assim, construímos o seguinte quadro para cada capacidade em estudo.

Tabela 15 - Quadro de cálculo do volume médio utilizado anualmente

Capacidade do reservatório em litros	Ano	Volume de água gasta anualmente em litros	Volume de água gasta anualmente em metros cúbicos
4000	1994	20932	21
	1995	25124	25
	1996	20363	20
	1997	24560	25
	1998	25405	25
	1999	25795	26
	2000	25732	26
	2001	22573	23
	2002	26029	26
	2003	23085	23
	Somatório		240
		Volume médio de água gasto anualmente em metros cúbicos	24,0

3.1.11 - PASSO NÚMERO 11 : RELAÇÃO ENTRE CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO E VOLUME DE ÁGUA UTILIZADO

Repetindo o passo 10 para cada capacidade de reservatório, será possível obter um gráfico que permite observar o modo como a capacidade do reservatório influencia o volume de água utilizado pelo consumidor. O gráfico final consiste na relação entre o volume médio de água gasta em litros e a capacidade do reservatório.

Tabela 16- Volume médio utilizado em dez anos para cada reservatório

Volume reservatório (m ³)	Volume água da chuva (L)	Volume água da chuva em dez anos (m ³)	Volume médio gasto anualmente (m ³)
1	220039	220	22
1,5	234380	234	23,4
2	239070	239	23,9
2,5	239598	240	24
3	239598	240	24
3,5	239598	240	24
4	239598	240	24
4,5	239598	240	24
5	239598	240	24

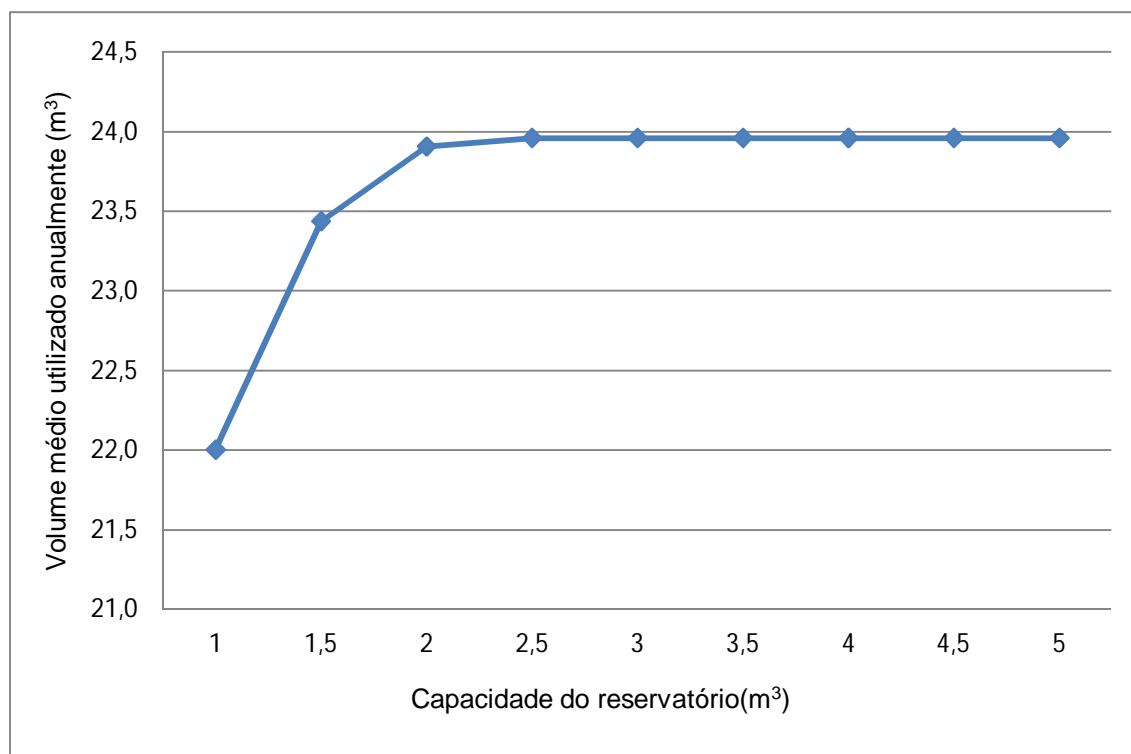


Fig. 4 - Gráfico que relaciona capacidade útil do reservatório com volume de água utilizado anualmente

3.2 - ORÇAMENTAÇÃO

Ao analisar o gráfico da Figura 4 é possível concluir que a capacidade adequada para o caso de estudo em questão é 2500 litros de volume útil. No entanto, é necessário considerar que nem toda a capacidade do reservatório pode ser considerada útil. Isto prende-se com o facto de ser necessário garantir espaço para a instalação de acessórios dentro do reservatório, tais como os acessórios de “overflow”, o freio de água, bomba submersível e filtro, no caso de estes dois últimos serem instalados no interior do reservatório. É, também, importante contabilizar o volume de água que não poderá ser utilizado, devido à necessidade de ser mantido um volume mínimo de água no reservatório para protecção da bomba. Este aspecto será mais aprofundado no capítulo dedicado aos equipamentos, mais especificamente aos tipos de controlo da bomba. Por estas razões, assumiremos um volume total de 4000 litros para o reservatório, pois parece-nos um valor aceitável para obter os volumes de água da chuva para consumos esperados e respeitar todos os aspectos técnicos, já referidos

As componentes que serão contabilizadas neste estudo, representadas na figura 5, são: filtro, freio de água, sifão de “overflow”, dispositivo de sucção flutuante, bomba, sistema de controlo e reservatório.

Para elaborar este orçamento foram contactadas empresas revendedoras destes equipamentos tal como a Ecodepur, Ecoágua, All-Aqua e a Grundfos. Embora estas empresas ofereçam uma vasta de alternativas de equipamentos, foram escolhidos aqueles que nos pareceram mais adequados para a instalação de um sistema de qualidade.

Tabela 17- Orçamento do SAAP dimensionado no capítulo anterior

	Descrição da Componente	Quantidade	Preço Unitário em euros	IVA
Reservatório	RESERVATÓRIO AÉREO ECODEPUR® PE, RAV-4.000 litros	1	893	20%
	RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO ECODEPUR® PE, RSV-4.000 litros	1	950	20%
	Reservatório de superfície Ecoágua 4000 litros	1	830	20%
Filtros e acessórios	Inclui filtro, entrada anti-turbulência, sifão e filtro flutuante Ecoágua	1	800	20%
Bomba e sistema de controlo	RMQ da Empresa Grundfos	1	2500	20%
First flush	Acessório first flush da empresa Enviro Friendly Products[H]	1	50	Não Aplicável

Preço em euros	
Hipótese 1	4243
Hipótese 2	4300
Hipótese 3	4180

Embora as informações recolhidas junto das empresas já referidas tenham sido bastante úteis, chama-se à atenção que este orçamento não reflecte o investimento real de um SAAP. Isto deve-se à não inclusão dos preços de todas as tubagens, válvulas e movimentos de terras, necessários para obter um orçamento real e fidedigno. No entanto, fica a ideia que o reservatório e o sistema de controlo são as componentes mais dispendiosas do sistema, sendo que o RMQ da Grundfos inclui o sistema de bombagem e, por isso, esse aspecto deve ser tomado em conta em termos económicos. De notar que existem opções mais económicas no mercado mas, devido à excelente qualidade e performance dos equipamentos incluídos no orçamento, esta opção destaca-se pela qualidade e durabilidade.

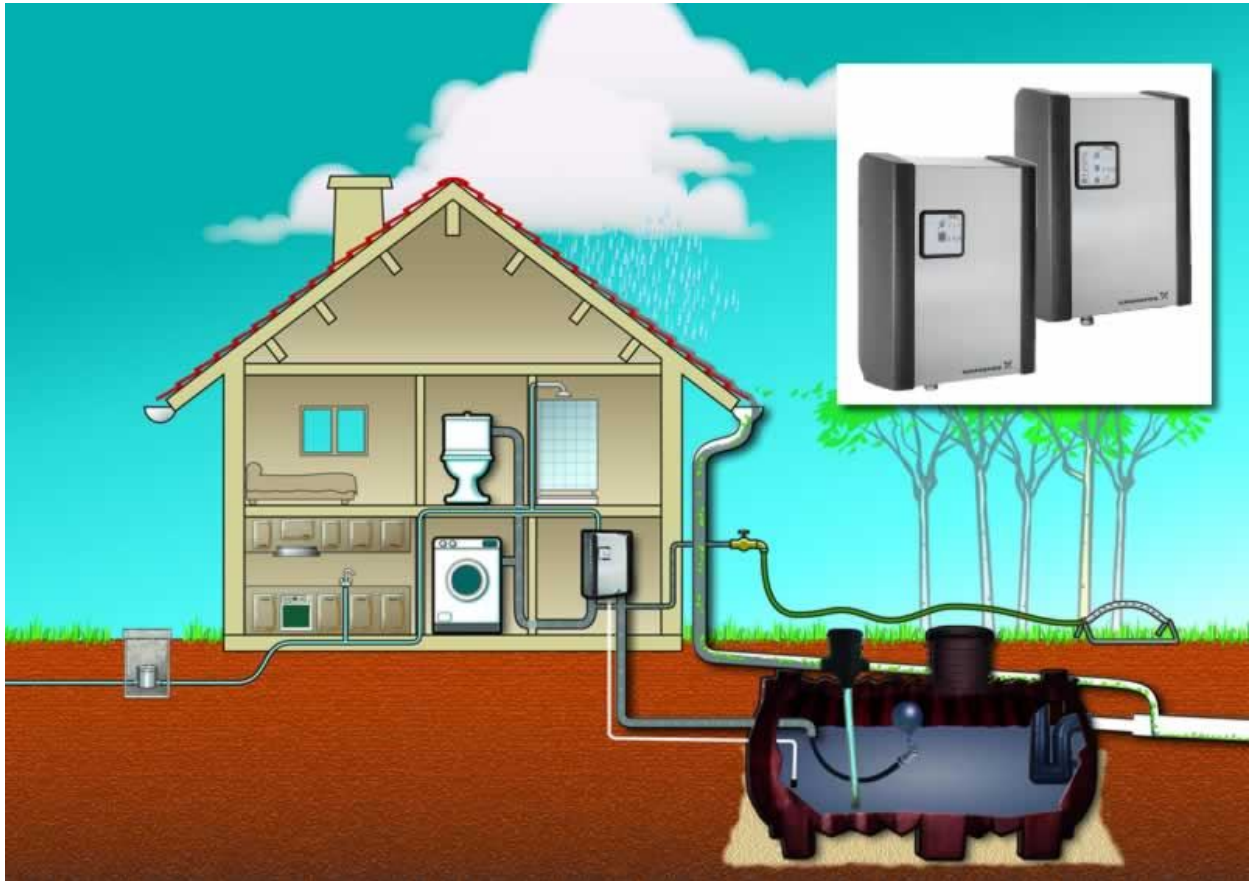


Fig. 5 - Esquema representativo do sistema dimensionado, com instalação do sistema de controlo e bombagem da Grundfos, RMQ

4

RESERVATÓRIOS

4.1 - REQUISITOS GERAIS DE UM RESERVATÓRIO

4.1.1 - RESERVATÓRIO À SUPERFÍCIE OU ENTERRADO

Os reservatórios podem ser instalados acima ou abaixo do solo. Dependendo do espaço disponível para implementação ou para construção, o custo de compra do reservatório ou custo de materiais para a sua construção, materiais e mão-de-obra disponíveis na zona, o tipo de solo e temperaturas exteriores, os reservatórios dividem-se em três subcategorias conforme a sua posição em relação ao solo: de superfície, parcialmente enterrados (semi-enterrados) ou enterrados. [5]

O preço de um reservatório de superfície é mais baixo que o dos restantes, estão disponíveis numa ampla gama de tamanhos e são relativamente fáceis de instalar. Por outro lado, eles têm mais problemas que os reservatórios subterrâneos. Para grandes áreas de recolha drenadas por múltiplos tubos de queda a filtragem pode tornar-se um problema, se for utilizado um reservatório de superfície. Sem os sistemas de isolamento caros, o reservatório de superfície deve ser esvaziado para o inverno, em climas frios. Em climas quentes e húmidos, onde temperaturas nocturnas não variam de forma significativa, a água armazenada em reservatórios de superfície pode ficar muito quente, acelerando a actividade biológica. Uma vez que os tanques de superfície ficam expostos às intempéries meteorológicas, eles têm um tempo de vida mais curto, factor que deve ser tido em conta na avaliação dos custos. Reservatórios de superfície são muito difíceis de esconder, embora às vezes eles possam ser incorporados como um elemento estético. Se o consumidor não se importar com o aspecto estético e tiver espaço suficiente poderá optar por um reservatório acima do solo. No entanto, este tipo de reservatório pode ficar mais caro devido ao tratamento necessário para garantir que a água é mantida fresca e protegida da luz. [6] [7]

Em contraste com os reservatórios de superfície, os reservatórios subterrâneos não ficam visíveis e não são afectados pelas intempéries meteorológicas, o que aumenta significativamente o seu tempo de vida. A instalação da tubagem e filtragem é simples, mesmo para grandes coberturas com vários tubos de queda. Uma vez que os reservatórios subterrâneos fazem com que a água se mantenha fresca e protegida da radiação solar, evitando o crescimento microbiano, estes são preferíveis quando a água da chuva é para ser reutilizada no interior dos edifícios. Por outro lado, o armazenamento subterrâneo é, geralmente, de duas a três vezes mais caro que o armazenamento superficial e envolve a escavação, factor significativo que pode ser problemático para locais com solos rochosos e locais com níveis freáticos elevados. [6] [7]

De seguida apresenta-se um resumo das vantagens e desvantagens a ter em conta na escolha da localização do reservatório. Para efeito desta análise consideram-se os reservatórios enterrados e semi-enterrados como sendo do mesmo tipo[5].

Tabela 18- Comparação das vantagens e desvantagens da escolha da localização do reservatório [5]

	Reservatório á superfície	Reservatório semi ou enterrado
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estruturas á superfície permitem inspecção simples ▪ Existem várias opções de reservatórios ▪ Pode ser comprado pelo público em geral ▪ Pode ser construído com uma vasta variedade de materiais ▪ Construção fácil com materiais tradicionais ▪ Extracção de água pode ser feita graviticamente em alguns casos ▪ Pode ser elevada a sua posição para aumentar a pressão no sistema ▪ Geralmente é a solução mais barata 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais difícil de esvaziar ▪ Requer pouco ou nenhum espaço ▪ Discreto ▪ O terreno envolvente suporta a impulsão da água fazendo com que as paredes do reservatório sejam mais finas, reduzindo os custos
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requer espaço para a instalação ▪ Sujeito ao ataque das intempéries ▪ A falha do reservatório pode levar a problemas graves ▪ Água mais susceptível á luz solar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracção de água é mais problemática - exige bomba ▪ Perdas são mais difíceis de detectar ▪ Contaminação da água por infiltração de água ▪ Raízes de árvores podem danificar a estrutura do reservatório ▪ Flutuação do reservatório pode ocorrer se o nível freático for elevado e o reservatório estiver vazio ▪ Veículos pesados a circular acima do reservatório podem causar danos ▪ Geralmente mais caros

4.1.2- SISTEMA INDIRECTO OU DIRECTO

4.1.2.1 - O sistema indirecto ou gravítico

A água da chuva é recolhida a partir da cobertura da propriedade, passa por um filtro e segue para um tanque de armazenamento de tamanho adequado que, como já foi referido, pode ser instalado no subsolo ou sobre o solo. A água é bombeada do reservatório para um tanque elevado localizado dentro do edifício, por baixo do telhado. A partir deste tanque, os aparelhos são alimentados por um sistema de gravidade. Para assegurar o funcionamento durante todo o ano, um sistema de controlo ligado á rede pública é activado sempre que se verifique uma situação de baixo nível de água no tanque de armazenamento de águas pluviais. Esta ligação é efectuada ao reservatório superior. Este sistema tem como principal vantagem o facto de serem mais fiáveis e poderem facilmente ser abastecidos pela rede pública se não houver água suficiente no reservatório, sendo o sistema de controlo simples e barato. No entanto, a pressão pode ser muito baixa para algumas máquinas de lavar e pode demorar um pouco para encher os autoclismos. [8]

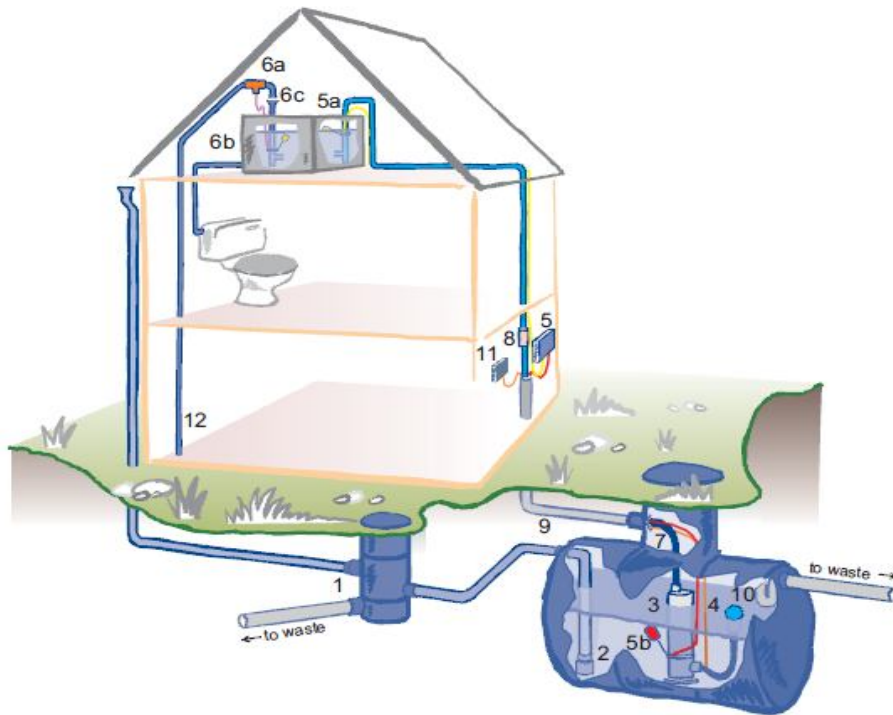


Fig. 6 - Sistema indirecto ou gravítico -

- 1) Filtro do tipo Vortex 2) Freio de água 3) Bomba submersível
 4) Filtro de sucção flutuante 5) Painel de controlo 5a) Interruptor de nível ligado a reservatório superior
 5b) Interruptor de nível ligado a reservatório subterrâneo 6a) Válvula solenóide 6b) Interruptor de nível 6c)
 Sistema de abertura de ar do tipo AA 7) Mangueira 8) Válvula de não retorno ("backflow") 9) Tubagem
 10) Sistema de "overflow" 11) Indicador de nível 12) Tubagem da rede pública

Fonte 1: Catálogo Rainharvesting systems

4.1.2.2. - Sistema Directo

A água da chuva é recolhida a partir da cobertura da propriedade passa por um filtro seguindo para um reservatório de tamanho adequado, que pode ser instalado tanto no subsolo como no solo. A água é bombeada do reservatório de armazenamento directamente para os aparelhos dentro do edifício. Para assegurar o funcionamento durante todo o ano, um painel de controlo é incorporado no sistema, que passará automaticamente para o serviço de alimentação pública no caso de uma situação de baixo nível de água no reservatório de águas pluviais. A principal vantagem deste tipo de sistema prende-se com o facto de não requererem um reservatório superior e na sua capacidade de gerar pressão adequada para máquinas de lavar roupa e autoclismos. No entanto, o mecanismo de controlo pode ser mais complexo e mais caro. [8]

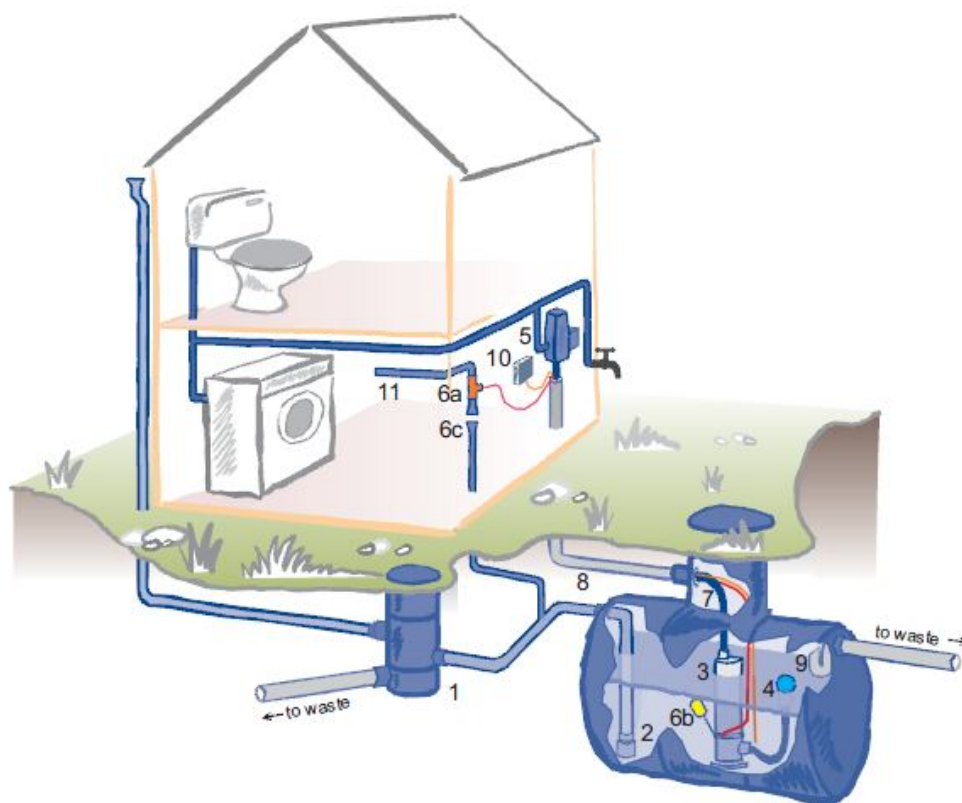


Fig. 7- Sistema directo -

- 1) Filtro do tipo Vortex 2) Freio de água 3) Bomba submersível
- 4) Filtro de sucção flutuante 5) Painel de controlo 6a) Válvula solenóide 6b) Interruptor de nível
- 6c) Sistema de abertura de ar do tipo AA 7) Mangueira 8) Tubagem 9) Sistema de "overflow"
- 10) Indicador de nível 11) Tubagem da rede pública

Fonte 2: Catálogo Rainharvesting systems

De seguida apresentaremos um resumo das vantagens e desvantagens a ter em conta na escolha do tipo de SAAP. É importante referir que, analisando os produtos vendidos pelas empresas, é notória uma preferência pelo sistema directo. Apesar deste tipo de instalação ter os seus problemas, ganha importância em relação aos restantes tipos pois garante que a água se mantenha fresca e de qualidade, factor de grande importância no planeamento de SAAP.

Tabela 19 - Comparação entre vantagens e desvantagens dos tipos de sistemas de SAAP [9]

Sistema directo		Sistema indirecto ou gravítico	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
A água da chuva é aplicada sobre pressão, permitindo o uso para rega e lavagem de veículos	Quando não há água da chuva disponível, a água potável tem que ser bombeada, usando mais energia	O suprimento é dirigido para o reservatório superior, permitindo que a água seja fornecida mesmo em casos de falha da bomba	Pressão pode ser insuficiente para algumas máquinas de lavar roupa. Vasos sanitários enchem lentamente
Não requer espaço no sótão da casa	Se a bomba falhar, não será possível fornecer a água armazenada	Bombas de baixo custo e uso de controlos simples e baratos	É necessário espaço no sótão para instalação do reservatório
Vasta gama de equipamento testado e disponível no mercado europeu, onde a recolha de água pluvial está mais difundida	Os sistemas de “by-pass” são mais complicados e caros	Mais eficientes energeticamente e não há necessidade de bombear a água da rede pública	Sistema com poucos equipamentos disponíveis no mercado

4.2 -REQUISITOS GERAIS DE UM RESERVATÓRIO: NORMAS DE BOA PRÁTICA E PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO

Nesta parte do trabalho descreveremos as linhas gerais que se devem seguir para uma correcta instalação de um reservatório para SAAP. Embora algumas não sejam obrigatórias, todas elas devem ser tidas como orientações para uma boa instalação.

4.2.1 - LOCALIZAÇÃO

O reservatório deve ser instalado o mais perto possível do edifício para garantir que se localiza perto dos pontos de abastecimento (sanitários e máquinas de lavar) e também do fornecimento (telhado ou cobertura) de maneira a reduzir ao máximo a distância em que a água é conduzida na tubagem. Os reservatórios devem ser protegidos ao máximo da exposição solar e ser localizados de maneira a sobrecarregar o mínimo possível o funcionamento da bomba. [2] [10]

4.2.2 - RESISTÊNCIA DO RESERVATÓRIO

Os reservatórios enterrados devem ser desenhados e instalados de maneira a resistirem à impulsão da água no subsolo, ao peso das terras que o rodeiam, sobrecargas, cargas de veículos e à flutuação.

4.2.3 - CONTAMINAÇÃO POR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Como já foi referido, há vários intervenientes que podem danificar a estrutura do reservatório. Este facto pode levar a que água presente no subsolo se infiltre no reservatório, constituindo um factor de degradação da qualidade da água. Assim, os reservatórios devem ser resistentes de maneira a garantir que não são susceptíveis de fugas, especialmente quando se trata de um reservatório enterrado. [11]

4.2.4 - ACESSIBILIDADE PARA LIMPEZA E MANUTENÇÃO

Os reservatórios devem ser acessíveis para operações regulares de limpeza e manutenção aos vários componentes do sistema nele instalados (válvulas, sensores, filtros ou bombas submersíveis) e devem ser instalados com uma cobertura que permita inspecção. Deve ser possível trancar este acesso de modo a impedir o acesso accidental ao reservatório, especialmente quando crianças podem ter acesso ao reservatório. Quando os reservatórios são enterrados e se localizam numa área de cheias frequentes, os acessos devem ser prolongados para garantir a não contaminação do reservatório por contaminação superficial tal como óleo, pó e fezes de animais que possam estar presentes em escoamentos superficiais. Os orifícios de inspecção devem ser posicionados de maneira a minimizar o risco de contaminação por queda de objectos quando se levanta a tampa do reservatório. [11] [12]

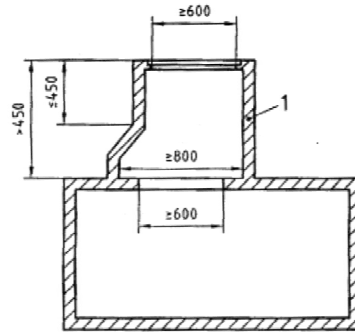


Fig. 8- Câmara de inspecção de reservatório enterrado

Fonte 3 -[13]

4.2.5 - TAMPAS E COBERTURAS

Os reservatórios devem ser impenetráveis e todos os pontos de acesso, excepto o tubo de entrada e descarga de superfície, devem ser instalados com tampas com dispositivo de fecho. Estes devem ser mantidos fechados, exceptuando aquando de operações de manutenção. [12]

4.2.6 - REDES ANTI-MOSQUITO E ANTI-ROEDORES

A tubagem de entrada deve conter uma rede para prevenir o acesso de mosquitos e outros insectos ao reservatório. Como se pode ver no capítulo seguinte este tipo de rede vem já incluída na maior parte dos filtros usados na filtragem anterior á entrada da água no reservatório. O sistema de “overflow” (descarga de superfície) deve também conter uma rede anti-roedores caso esteja ligado directamente a uma rede pluvial. [12]

4.2.7 - VENTILAÇÃO

Os reservatórios devem ter ventilação para garantir que não se formam gases nocivos. Esta ventilação é particularmente importante nos reservatórios superiores onde se aconselha uma ventilação da área onde está instalado o reservatório. As aberturas do reservatório devem ser todas dotadas de dispositivos anti-roedores e anti-mosquitos. [12]

4.2.8 - INSTALAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

Na instalação dos reservatórios há um conjunto de factores que devem ser tidos em conta para que o reservatório seja instalado de modo seguro e duradouro. [14]

- Área de influência
- Elementos estruturais de edifícios existentes (fundações)
- Os limites da propriedade
- O sistema de drenagem de águas pluviais
- Árvores e as suas raízes
- O tipo de solo
- Escoamentos superficiais e zonas de cheias
- Nível freático
- O tráfego expectável

Um reservatório que não esteja colocado na vertical está em risco de tombar ou até de partir. Assim é de extrema importância que o reservatório seja colocado sobre um suporte firme e perfeitamente horizontal. Se o solo for considerado com um solo estável uma simples camada de areia pode ser suficiente para assegurar a verticalidade do reservatório. Em zonas de solos estáveis, uma camada de areia sobre um solo bem compactado são suficientes para reservatório de pequena dimensão. Se o uso não oferecer estabilidade suficiente deve-se optar por construir uma soleira de betão. Esta soleira deve ser protegida de erosão e da água proveniente da descarga de superfície. O reservatório deve estar posicionado de modo que os escoamentos de outras partes da propriedade ou às descargas superficiais não afectem a integridade da soleira. [2]

Reservatórios enterrados podem ter uma tendência para flutuar quando vazios, especialmente se o solo onde se pretende fazer a instalação apresentar níveis freáticos elevados. Para evitar a flutuação do reservatório o peso total do reservatório, a sobrecarga (o terreno colocado acima do reservatório) ou outro aspecto técnico devem oferecer resistência para contrabalançar a flutuabilidade do reservatório (levantamento hidráulico). [14]

4.2.9 - ACESSÓRIOS DE “OVERFLOW”

Os reservatórios devem possuir acessórios de “overflow” para que a água não transborde e escorra para as fundações do tanque ou para outro local em que possa causar danos materiais. Os acessórios de “overflow” são de funcionamento simples e o tubo onde está instalado deve ter pelo menos o diâmetro da tubagem de entrada. Deve ser instalada uma rede contra mosquitos na tubagem de “overflow”. [12]

4.2.10 - DESCARGA DE FUNDO

Todos os reservatórios devem ser equipados com uma descarga de fundo de maneira a que seja possível esvaziar o reservatório para operações de limpeza ou manutenção.[1]

4.2.11 - “BACKFLOW”

Deve ser prevenida a ocorrência de “backflow” para impedir a água contaminada de reentrar no sistema em caso de entupimento a jusante. [12]

4.3 - RESERVATÓRIOS: TIPOS E MATERIAIS

Os reservatórios devem ser constituídos por materiais que assegurem as necessárias condições estruturais, não porosos e que não propiciem reacções químicas com a água [1]. O fabrico ou construção de reservatórios pode ser executado com uma vasta gama de materiais. A maior parte dos reservatórios são feitos especificamente para o uso em sistemas de aproveitamento de águas pluviais contrariando a ideia geral que qualquer recipiente pode ser usado para armazenar água. Como acontece com as outras componentes de um SAAP, o reservatório deve ser escolhido após uma análise cuidadosa dos consumos e tipos de materiais com que a água entra em contacto. Tal como o material que compõe a cobertura, o material usado no reservatório pode contaminar a água. Cada reservatório tem as suas vantagens e desvantagens. [10]Ao longo dos anos têm sido usados materiais diferentes nos diferentes países que apostaram neste tipo de tecnologia.

Tabela 20 - Reservatórios usados no mundo [15]

Material	País
Betão	Alemanha; Bangladesh; Tailândia
Metal	Austrália
Plástico	Alemanha; Grã-Bretanha

Como já foi referido, os reservatórios podem ser diferenciados através da sua posição em relação ao solo (enterrados ou de superfície). Nesta parte do trabalho distinguiremos os reservatórios com base noutro critério, que consiste na diferenciação entre reservatórios fabricados ou construídos no local de instalação.

4.3.1 - RESERVATÓRIOS EM POLIETILENO

4.3.1.1 - Reservatórios de superfície

Os reservatórios de polietileno são um dos tipos mais comuns de reservatório a ser vendido hoje em dia. Eles são mais leves do que outros tipos de tanques, incluindo os de fibra de vidro e, conseqüentemente, mais fáceis de transportar. As principais vantagens destes reservatórios são o facto de serem estanques, serem resistentes a radiações ultra-violeta, serem duráveis, não enferrujarem e serem comparativamente mais baratos que os outros tipos de reservatório. [2] [10]



Fig. 9 - Reservatórios de polietileno 1) Empresa polytanksales 2) Empresa Rainbrothers

Este tipo de reservatórios é também fácil de manusear e garante a resistência ao impacto para toda a vida útil do reservatório. Este material assegura também a não transmissão para a água de substâncias tóxicas que possam interferir com a qualidade da água armazenada, ao contrário da fibra de vidro, por exemplo[10]. Existe no mercado uma vasta gama deste tipo de reservatório, incluindo a hipótese de comprar módulos, propriedade única destes reservatórios.



Fig. 10 - Reservatórios em módulos

Fonte 4: www.rainwaterharvesting.co.uk



Fig. 11 - Reservatórios Watersave

Os reservatórios de superfície de polietileno não “agarram” bem a pintura, razão pela qual se recomenda reservatórios com pré-pintura (ou seja, pigmentados) fabricados com plástico opaco. A manutenção destes reservatórios é pouco exigente devido a sua excelente resistência. [2] [10]

Estão disponíveis no mercado britânico reservatórios superiores destinados para aplicação em sistemas indirectos. Estes reservatórios são feitos de polietileno de alta densidade e podem ser comprados com os acessórios indispensáveis ao seu funcionamento, tais como, válvula solenóide e interruptores de nível.



Fig. 12 Reservatórios superiores da Rainharvesting systems

Fonte 5 - Catálogo Rainharvesting systems

4.3.1.2 - Reservatórios em polietileno reforçado

Fabricados com o mesmo material que os reservatórios anteriormente referidos, são reforçados para resistirem às pressões provocadas pela terra e água no subsolo. Por razões estruturais, muitos destes reservatórios exigem que uma percentagem da capacidade seja mantida em todos os momentos, por um lado reforçando a segurança estrutural do reservatório, por outro reduzindo a quantidade de água que pode ser realmente utilizada pelo sistema. [6]

Como alternativa, os reservatórios de polietileno podem ser reforçados aumentando a espessura da sua parede, serem fabricados com o fundo redondo e com as superfícies laterais nervuradas. Com esta configuração os reservatórios podem ser completamente esvaziados, mantendo a resistência estrutural. Na figura seguinte mostra-se um exemplo deste tipo de fabrico de reservatórios. [2] [6]



Fig. 13- Reservatórios reforçados para aplicação abaixo do solo da empresa Combinedharvesters.co.uk

Estes reservatórios mantêm as características dos de superfície com a agravante de serem mais caros. Este facto pode ser explicado pelo acréscimo de custos no reforço do reservatório (mencionado anteriormente) e na escavação e instalação do reservatório [2]. Não é aconselhável a instalação destes reservatórios em solos argilosos devido aos ciclos de contracção/expansão que podem reduzir o tempo de vida útil do reservatório.



Fig. 14 - Variedade de reservatórios para uso abaixo do solo da empresa Coastlineplastics

Parece-nos importante referir que estes tipos de reservatórios já são produzidos e distribuídos em Portugal pela empresa ECODEPUR®. Os reservatórios são aptos para uso alimentar, de acordo com a Directiva da Comissão Europeia 2002/72/EC, Anexo II, secção A e Anexo III (6.8.2002) + EU - OJ (13.2.2003), incluindo emendas: - 2004/1/EC (6.1.2004) - 2004/19/EC (1.3.2004) - 2005/79/EC(18.11.2005) - 2007/19/EC(2.4.2007), aplicável a todos os Estados Membros da União Europeia. [16]



Fig. 15 - Reservatório de polietileno distribuído pela empresa portuguesa Ecodepur

Fonte 6 - Catálogo Ecodepur

4.3.2 - RESERVATÓRIOS EM FIBRA DE VIDRO

Este tipo de reservatório, embora seja mais adequado para instalação à superfície, pode também ser instalado no solo desde que a sua estrutura e resistência sejam reforçadas. Reservatórios de fibra de vidro são de longa duração, são resistentes à ferrugem e corrosão química, resistem a temperaturas extremas e, por causa de sua construção leve, são fáceis de transportar [10]. A durabilidade dos reservatórios de fibra de vidro foi exaustivamente testada e comprovada nos Estados Unidos da América, onde são mais utilizados [2]. No entanto, estes reservatórios são mais caros, especialmente para reservatórios de menor capacidade, que é o caso de um reservatório para uma habitação unifamiliar. A sua manutenção é relativamente simples e o facto de os seus acessórios serem partes integrantes dos próprios reservatórios fazem com que sejam menos propensos a fugas.



Fig. 16 - Reservatórios de fibra de vidro da empresa Watertanks



Fig. 17 Reservatório de fibra de vidro de 3000 litros

O material compósito de fibra de vidro pode ser relativamente inerte quando fabricado para o efeito e obedecendo a normas de qualidade, caso em que o revestimento do reservatório se torna desnecessário. Estes reservatórios podem também ser feitos com protecção contra radiações Ultra-Violeta para impedir a degradação provocada pela luz do sol. Como alternativa, uma pintura exterior é uma maneira simples de protegê-lo deste tipo de degradação. [10]

A fibra de vidro usada para armazenamento de água deve ser devidamente curada. Se a camada interna de fibra de vidro não for bem curada o interior do reservatório poderá ganhar um odor desagradável, consequência da degradação da qualidade da água. Durante o fabrico do reservatório, camadas de fibra são aplicadas sucessivamente. Com a aplicação sucessiva de camadas, as moléculas soltas de estireno “esperam” sobre a superfície para se ligarem as moléculas da próxima camada. Normalmente, uma camada de material ceroso é adicionada à camada exterior de fibra de vidro para ligar essas moléculas e assim, “curar” a fibra de vidro. A cura inadequada pode resultar em libertação das moléculas de estireno dentro da água, com as consequências já referidas acima. Uma maneira simples de verificar se a fibra de vidro esta bem curada é esfregar acetona (ou qualquer composto que tenha acetona na sua composição), esperar que a acetona seque, e tocar a superfície com o dedo seco. Se a superfície estiver pegajosa a fibra de vidro não está devidamente curada. É importante ter em atenção a qualidade da fibra de vidro pois se a fibra for de má qualidade, os materiais podem contaminar a água. Por uma razão de segurança, é aconselhável uma limpeza do reservatório antes da sua primeira utilização[10].



Fig. 18- Reservatórios de superfície de fibra de vidro

4.3.3 - RESERVATÓRIO DE CHAPA DE AÇO GALVANIZADO

Tal como acontece com os reservatórios em polietileno, os reservatórios de chapas de aço galvanizado podem também ser uma boa opção para quem pretende um reservatório de superfície. Eles estão disponíveis em vários tamanhos, são leves e fáceis de mover, à semelhança dos de polietileno. A maioria dos reservatórios de aço galvanizado são nervurados e, para oferecer uma maior resistência à corrosão [2], são revestidos com uma cobertura de zinco ou, como alternativa, pode ser usado um produto desenvolvido na Austrália e Nova Zelândia chamado Zinalume. Embora ambos os aços Zinalume® e os produtos de aço galvanizado possuam uma base de aço, o aço galvanizado tem um revestimento de zinco 100%, enquanto Zinalume tem um revestimento de liga de zinco de 43,5%, o alumínio 55% e 1,5% de silício. Zinalume está em conformidade com AS1397: 2001 (norma australiana) [A]



Fig. 19 - Reservatório de aço galvanizado

Para prolongar o tempo de vida útil deste tipo de reservatórios e para assegurar a não transmissão de substâncias tóxicas para a água, estes devem ser revestidos com PVC ou polietileno ou pintados com uma tinta especial. Cuidados adicionais devem ser tomados durante as operações de limpeza destes reservatórios para garantir que o revestimento plástico não é danificado no seu decorrer, impedindo o fenómeno da corrosão. [6]



Fig. 20 - Reservatórios de aço galvanizado distribuídos pela empresa Texasrainwatertanks

Como principais vantagens podemos apontar o facto de estes reservatórios terem uma estrutura rígida e o facto de resistirem a temperaturas extremas sem apresentarem danos. Como desvantagens podemos realçar os problemas de controlo de corrosão, a deterioração num curto espaço de tempo do reservatório dependendo da qualidade da água, susceptibilidade a danos devido a transporte e manuseamento, exigência de manutenção regular, a obrigatoriedade de uso de um número elevado de juntas de silicone e conexões e a necessidade do revestimento plástico em todas as superfícies e junções de modo a evitar a corrosão e a contaminação da água por substâncias tóxicas constituintes do material [B]

4.3.4 - RESERVATÓRIOS DE BETÃO

4.3.4.1 - Reservatórios construídos *in situ*

É o mais versátil de todos os tipos de reservatórios pois, por poderem ser construídos *in situ*, podem tomar as mais variadas formas e tamanhos dependendo da capacidade e resistência pretendidas [10]. Este tipo de reservatório pode ser instalado acima do solo ou enterrado. As principais vantagens que estes reservatórios apresentam são a sua durabilidade, o facto de o cálcio presente no betão contribuir para reduzir a acidez da água proveniente de chuvas com acidez elevada e a sua capacidade de resistir a condições meteorológicas adversas. Reservatórios de betão são geralmente mais caros e são muito mais difíceis de instalar. Devido ao seu peso, estes reservatórios não são móveis sendo considerados permanentes após a sua construção[B].



Fig. 21 Reservatórios de betão construídos pela empresa Edwardstanks

Como o betão é um material poroso, a água poderá penetrar na parede provocando problemas de corrosão na armadura da estrutura. A corrosão leva a que a armadura aumente o seu volume fazendo com que o betão rache [C]. Devido a este efeito negativo da água no betão armado, deverá ser aplicado um revestimento plástico no interior para prevenir a fissuração e consequente falha da estrutura. Este revestimento melhora também a estanquidade do reservatório impedindo a contaminação da água armazenada por águas subterrâneas, no caso do reservatório se localizar abaixo do solo. Este problema é mais comum em reservatórios de grandes dimensões mas é também um aspecto a ter em conta para os de menor dimensão[6]. De salientar que a reparação destes reservatórios é considerada de elevada dificuldade, especialmente nos casos de estes se situarem enterrados no solo.[10]

Reservatórios betonados *in situ* são os mais caros dentro da categoria de reservatórios de betão. No entanto, o facto de poderem ser facilmente integrados na estrutura de uma habitação, fazendo por exemplo com que o reservatório se confunda com uma divisão do edifício, pode oferecer ao comprador uma alternativa estética inatingível com reservatórios fabricados com outros materiais [2].

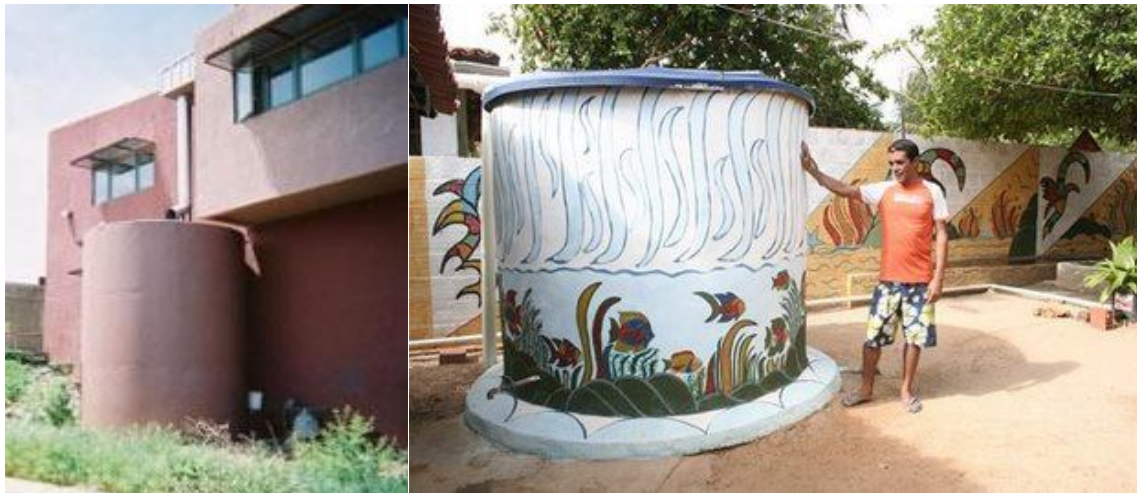


Fig. 22 - Reservatórios integrados na sua envolvente 1) Estados Unidos 2) Brasil

Estes reservatórios também são usados enterrados ou semi-enterrados. As vantagens de enterrar este tipo de reservatórios prendem-se com o facto de poderem ser construídos com coberturas resistentes a sobrecargas, fazendo com que estes reservatórios sejam ideais para instalação sob acessos rodoviários ou estruturas [D]. Reservatórios de betão armado enterrados são no entanto mais propensos a fissuração e a fugas de água, especialmente em terrenos argilosos. Comparativamente aos reservatórios de betão de superfície a detecção de fugas de reservatórios enterrados representam um desafio maior. Esta situação pode ser agravada caso existam fontes de poluição que possam contaminar a água armazenada através das fissuras. Este problema é consideravelmente mais grave que a perda de água armazenada [10].



Fig. 23 - Reservatório de betão armado enterrado fabricado in situ pela empresa Advanceconcretetanks



Fig. 24 - Reservatório de betão enterrado fabricado pela empresa Yodelaustralia

4.3.4.2 - Reservatórios de betão pré-fabricados

Embora sejam usualmente construídos no local de instalação, podem também ser comprados numa peça única ou em várias peças para posterior aplicação no local de instalação. Embora não estando disponíveis nas dimensões possíveis dos reservatórios fabricados *in situ*, podem ser instalados em série de maneira a garantir uma capacidade de armazenamento superior. Como já foi referido, reservatórios de betão são robustos e por isso podem ser instalados directamente sob o solo, desde que o seu peso, equipamento de transporte e colocação o permitam [D].



Fig. 25 - Reservatórios de betão pré- fabricados montados em série

Fonte 7 - Catálogo Rainharvesting systems

Estes reservatórios podem ser comprados em várias peças para montagem e instalação no local. O número de peças é variável devido à existência de vários métodos de construção deste tipo de reservatórios. Em países como a Austrália e Estados Unidos da América estes reservatórios são instalados usando apenas duas peças, pré-fabricadas por várias empresas.



Fig. 26 - Montagem de reservatório de betão pré-fabricado pela empresa Stark enviromental

As peças de betão, geralmente circulares, são colocadas uma em cima da outra, intercaladas pela colocação de uma argola isolante de borracha colocada no encaixe da peça inferior. O método de colocação e o tipo de membrana usada podem variar dependendo do fabricante. No interior do reservatório as juntas são também revestidas para assegurar total estanquidade do reservatório [D].



Fig. 27 - - Montagem de reservatório de betão pré-fabricado pela empresa Stark enviromental

Outro tipo de instalação de reservatórios de betão com peças pré-fabricadas é a de argolas de betão sobrepostas. Este método é comum no fabrico de poços para captação de águas subterrâneas mas pode ser adaptado para armazenar águas pluviais. Estes materiais estão amplamente disponíveis no mercado português.



Fig. 28 - Peças de betão fabricadas pela empresa portuguesa Tubani

Este tipo de tanque é utilizado no Estado Unidos da América, com maior incidência no estado do Texas, e também na Austrália [2].



Fig. 29 - Reservatórios fabricados por argolas de betão-1) [2] 2) Empresa Stokcrete

Em jeito de conclusão podemos afirmar que os reservatórios de betão apresentam como vantagens principais o facto de serem pesados e robustos, a espessura das paredes e cobertura poderem limitar a condutividade térmica, contribuir para a alcalinização da água, poderem ser construídos para resistir a sobrecargas elevadas e o facto de poderem ser construídos para capacidades mais elevadas. Por outro lado as principais desvantagens prendem-se com o facto de ser necessário equipamento pesado para instalação ou construção, de serem permanentes, serem susceptíveis a danos ambientais e de manuseamento, exigirem manutenção contínua e estarem sujeitos a rápida deterioração devida à fissuração [B].

4.3.5 - RESERVATÓRIOS DE FERROCIMENTO

O ferrocimento é um material composto por aço e argamassa de cimento cuja principal vantagem é o baixo custo. Embora este material tenha o princípio de construção semelhante ao do betão armado, as suas características de flexibilidade e resistência conduzem à sua classificação como material distinto do betão [2]. Ao contrário dos reservatórios de betão armado, os reservatórios de ferrocimento são construídos com malhas de aço (arame usado por exemplo para vedações) e envolvidos em argamassa de cimento. Como molde são usadas chapas finas de aço que são retiradas após a cura do material. Como o ferrocimento é mais fino que o betão este tipo de reservatório apresenta-se como uma solução mais económica [6].



Fig. 30 - Montagem de um reservatório de ferrocimento

Estes reservatórios destinam-se, geralmente, a aplicações acima do solo, tendo sido usados na sua maioria em países em desenvolvimento devido ao seu baixo custo e à elevada disponibilidade da matéria-prima necessária á sua construção. Pequenas fissuras e fugas podem ser facilmente reparadas com uma mistura de água e cimento, aplicada nos pontos de fuga de água visíveis no exterior. É importante assegurar que a mistura usada na construção destes reservatórios não contém constituintes tóxicos. Á semelhança dos outros tipos de reservatórios acima do solo é recomendada a aplicação de uma pintura para protecção a radiação ultra-violeta, mantendo a água a uma temperatura razoável.[2]



Fig. 31 - Fases de construção de um reservatório de ferrocimento

4.4 - ANÁLISE ECONÓMICA DOS VÁRIOS TIPOS DE RESERVATÓRIOS

Esta análise económica foi feita com base em informação de vários “sites” de venda de reservatórios. Os valores apresentados não reflectem a realidade portuguesa visto que, com base na pesquisa efectuada ao longo deste trabalho, foi possível constatar que há vários tipos de reservatórios especificamente para uso em SAAP que ainda não se encontram disponíveis em Portugal. Sendo assim, optou-se por fazer uma análise com preços de países que já exploram este tipo de tecnologia há décadas, permitindo uma visão mais geral do panorama do mercado destes reservatórios. Os países analisados foram a Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos da América, Austrália e Nova Zelândia, todos estes países onde é bastante difundido o aproveitamento de águas pluviais. Chama-se a atenção para o facto de o preço apresentado incluir somente o preço do reservatório e de não terem sido contabilizadas as despesas em portes de envio. Para obter os valores em euros foi usado um conversor de moeda.

Para efeitos de comparação de preços deve ser utilizado o valor preço por litro. Este valor permite uma comparação mais intuitiva do que o preço total dos reservatórios. É importante lembrar que o reservatório é a componente mais cara dos SAAP sendo que o seu preço varia dependendo do seu tamanho e material. A capacidade e tipo de uso da água armazenada influenciam a escolha do material mais adequado para a escolha do reservatório. De seguida mostraremos um quadro com uma análise mais geral do preço dos reservatórios. Os valores nele apresentados correspondem a uma análise realizada no estado norte-americano do Texas, que demonstra a variação dos preços dependendo do material e dimensões escolhidas para o reservatório. No quadro são representadas também as capacidades para as quais os reservatórios são usualmente utilizados, nesse estado.

Tabela 21 - Variação de preços no estado do Texas [2]

Material	Preço em euro por litro	Gama de volumes em litros
Polietileno	0,09-0,37	1000 - 20000
Fibra de vidro	0,11-0,42	2000 - 8000
Aço Galvanizado	0,09-0,28	600 - 10000
Betão	0,06-0,23	Acima de 40000

Tabela 22 - Tabela com vários modelos de reservatórios de polietileno de superfície

Modelo	Dimensões	Empresa	País proveniente	Preço na moeda do país	Capacidade em litros	Preço por litro em euros
Round tanks	d 1760mm x h 2100mm	Polytank Sales and Service	Austrália	749	4800	0,110
Slimline tanks	c 2.5m x l 760mm x h 2.1m	Polytank Sales and Service	Austrália	1945	3000	0,458
Balmoral 3635 Litre tank	1800 mm x 1778 mm	Balmoral	Inglaterra	795	3635	0,266
Tankmasta's 5000L	1880 mm x 2100 mm	Tankmasta	Austrália	925	5000	0,131
Titan Water Storage Tank	2035 mm x 2265 mm	Titan	Inglaterra	800	5000	0,195
RAV 4000	1890 mm x 1971 mm	Ecodepur	Portugal	900	4000	0,225



Fig. 32- Imagens dos reservatórios na tabela 7, por ordem

Tabela 23 - Tabela com preços de reservatórios de polietileno reforçado

Modelo	Dimensões	Empresa	País Proveniente	Preço na moeda do país	Capacidade em litros	Preço por litro em euros
Graf Carat underground tank	2280x1985x1820	Graf	Inglaterra	1107	4800	0,281
Balmoral Rainwater Tank Underground	3200 mm x 1350 mm x 2100 mm	Balmoral	Inglaterra	1300	3090	0,512
Bare Underground Tank	2450 mm x 1690 mm x 2010 mm	Spiedel	Inglaterra	1210	4000	0,368
Tankmasta Bagel Underground Water Tank	3700 mm x 2400 mm x 1245 mm	Tankmasta	Austrália	3000	5000	0,424
"Lattice" Underground Rainwater Tank	2780 mm x 3500 mm x 950 mm	Duraplas	Austrália	2875	5000	0,406
RSV-4.000	1890 mm x 1971 mm	Ecodepur	Portugal	1000	4000	0,250



Fig. 33 - Imagens dos reservatórios na tabela 8, por ordem

Tabela 24 - Tabela com preços de modelos de reservatórios de fibra de vidro

Modelo	Dimensões	Empresa	País proveniente	Preço na moeda do país	Capacidade em litros	Preço por litro em euros
AROPOL 7242	6100 mm x 7600 mm	Cavlon	E.U.A.	70000	178600	0,277
Fiberglass rainwater tank	900 mm x 1800 mm	JDblevinsmarketing	E.U.A.	3400	19000	0,126
Water tanks	1550 mm x 1550 mm	Fibreglasstanks & Manufacturing	Nova Zelândia	1000	2730	0,211
Water tanks	1800 mm x 1800 mm	Fibreglasstanks & Manufacturing	Nova Zelândia	1200	4600	0,261
A & J Fibreglass Water Tanks	1600 mm x 1850 mm	A & J Fibreglass	Austrália	1000	4500	0,157



Fig. 34- Imagens dos reservatórios AROPOL 7242, Fiberglass rainwater tank e A & J Fibreglass Water Tanks

Tabela 25 - Tabela com preços de modelos de reservatórios de chapa de aço galvanizada

Modelo	Dimensões	Empresa	País proveniente	Preço na moeda do país	Capacidade em litros	Preço por litro em euros
Corrugated Steel Rainwater Tank PVC lining	4572mm x1524 mm	RainWaterHarvesting.uk	Inglaterra	2270	25094	0,110
Corrugated Steel Rainwater Tank	1600 mm x 2020 mm	Stainless Steel POA	Austrália	1175	4000	0,207
TW Round Aquaplate Tank	1700 mm x 2000 mm	Wet earth	Austrália	1249	4400	0,200
Modular 3800L Water Tank	2350 mm x 1200 mm x 1600mm	Wet earth	Austrália	2300	3800	0,427



Fig. 35 - Imagens dos reservatórios na tabela 10, por ordem

Tabela 26- Tabela com preços de reservatórios de betão construídos *in situ*

Capacidade em litros	Capacidade (m ³)	Custo em euros	Custo por litro em euros
1000	1	500	0,5
2000	2	794	0,40
3000	3	1040	0,35
4000	4	1260	0,31
5000	5	1462	0,29

Os custos destes reservatórios foram calculados a partir de uma equação deduzida pelo Professor Valente Neves no âmbito de estudos anteriores.

$$Custo = 500 \times Volume^{(2/3)} \quad (2)$$

Fig. 36 - Imagem de reservatório construído *in situ* pela empresa Concretetanks

Tabela 27 - Tabela com preços de reservatórios de betão pré-fabricado

	Dimensões	Empresa	País de fabrico	Preço na moeda do país	Capacidade em litros	Preço em euros	Preço em euros por litro
Reservatório enterrado de betão (instalação por peças)	2500 mm x 1415 mm	Sydney water tanks	Austrália	3400	3800	2401	0,63
	2500 mm x 1930 mm	Sydney water tanks	Austrália	3700	6100	2613	0,43
	2500 mm x 2790mm	Sydney water tanks	Austrália	4300	10000	3037	0,30



Fig. 37 - Imagem de instalação em obra do reservatório e imagem de reservatório Sydney water tanks

Tabela 28 - Tabela com preços de construção de reservatório de argolas de betão

Dimensões em mm (Diâmetro interior x Altura útil)	Volume unitário (m ³)	Volume pretendido (m ³)	Altura do reservatório (m)	Número de argolas	Custo unitário das argolas em euros	Custo das argolas em euros	Custo unitário de caixa com fundo em euros	Custo unitário de tampa em euros	Custo total em euros
800 x 500	1,0	4	2,0	4	9,5	38	13,65	17,4	69
800 x 1000	2,0	4	2,0	2	13,65	27	13,65	17,4	58
1000 x 300	0,9	4	1,5	5	10,15	51	22,25	32,4	105
1000 x 300	0,9	4	1,5	5	13,1	66	22,25	32,4	120

É importante realçar que este não é o preço real destes reservatórios. Este quadro serve unicamente para realçar uma hipótese na construção de reservatórios para SAAP que deverá ser mais estudada e aprofundada. Entre outros, as despesas com o revestimento do reservatório e isolamento das juntas encareceria esta construção. Esta opção pode ser vista como uma adaptação do modelo usado na Austrália de reservatórios de betão pré-fabricados, já referidos



Fig. 38 - Imagens de argolas de betão da empresa Farcimar

Tabela 29 - Tabela com preços de reservatórios de ferrocimento

Descrição	Empresa	País proveniente	País de fabrico	Preço	Capacidade em litros	Preço em euros	Preço por litro em euros
Reservatório ferrocimento de superfície	Jacobs water tanks	Nova Zelândia	Nova Zelândia	2270	25094	2270	0,090
Reservatório ferrocimento enterrado	Jacobs water tanks	Nova Zelândia	Nova Zelândia	1175	4000	1175	0,294
Reservatório ferrocimento	Jacobs water tanks	Nova Zelândia	Nova Zelândia	1249	4400	1249	0,284
Reservatório ferrocimento	Jacobs water tanks	Nova Zelândia	Nova Zelândia	2300	3800	2300	0,605



Fig. 39 - Imagens de reservatórios de ferrocimento produzidos pela empresa Jacobs water tanks

5

EQUIPAMENTOS

5.1 - TRATAMENTO DA ÁGUA

Existem três etapas possíveis de tratamento de água: filtração, tratamento biológico e desinfecção.

5.1.1 - FILTRAGEM

O objectivo da filtração é a remoção de partículas sólidas da água antes ou depois de passar pelo reservatório. Em alguns países os SAAP são concebidos sem filtração mas com lavagens das coberturas, caleiras e tubos de queda mais frequentes. Esta abordagem é prática comum na Austrália onde os edifícios são predominantemente de um andar fazendo com que as operações de limpeza de caleiras e tubos de queda sejam mais facilitadas. No entanto, nem todos os países adoptam este sistema, sendo que na Inglaterra é considerado aconselhável o uso de filtros antes da entrada da água no reservatório para remoção de detritos como folhas e pequenas pedras que podem ser nocivas para a qualidade da água. Filtros que não requerem lavagem são preferenciais pois permitem reduzir a manutenção e reduzir custos. [12]

Existe uma quantidade vasta de filtros que podem ser instalados sob uma forma de grelha no caminho percorrido pela água recolhida, antes de entrar no reservatório. Nestes estão incluídos os filtros de malha e os filtros “escova de garrafa” que são instalados na parte superior do tubo de queda e os filtros da malha e filtros de areia instalados no final do tubo de queda. A principal vantagem destes filtros é o facto de serem baratos e de simples utilização sendo que como desvantagem se pode apontar o facto de ser necessário o consumidor lavar regularmente os filtros, correndo o risco de estes entupirem se não o fizer. Ora, a possibilidade dos filtros entupirem, leva a que o sistema de recolha falhe e que possam ocorrer danos no edifício. Quanto mais fácil for a lavagem do filtro provavelmente mais vezes será limpo. Quanto mais fina for a malha do filtro melhor será a interceptação e consequente remoção de detritos, podendo no entanto aumentar a necessidade de lavagem do próprio. Esta é a razão pela qual se desaconselha o uso de filtro “escova de garrafa”. [12]

Os filtros de tubo de queda, filtros tipo Vortex e filtros flutuantes tiveram uma utilização intensiva na Alemanha devido à sua eficácia em remover os detritos. Estes filtros provaram ser tão eficazes em impedir os detritos de entrarem nos reservatórios que a qualidade da água armazenada é suficientemente elevada para uso da água em sanitas, sem tratamentos adicionais. [12]

5.1.1.1 - Filtros instalados no tubo de queda

A água, quando a percorrer o tubo de queda, escoar encostada a um lado do tubo. Um filtro de tubo de queda consiste na instalação de um filtro de malha com abertura reduzida na parede do tubo. Isto resulta em que a maior parte da água da chuva passe pelo filtro e se dirija para o reservatório. A água restante passa sobre o filtro arrastando os detritos retidos no filtro sendo estes conduzidos para fora do sistema, para o sistema de drenagem de águas pluviais. Para assegurar o correcto funcionamento deste sistema o tubo de queda deve ser instalado verticalmente. Recomenda-se inspecções e limpezas periódicas dos filtros para que a filtragem ocorra eficientemente. Estas inspecções podem tornar-se mais frequentes dependendo da maior ou menor contaminação da água das chuvas com detritos como, por exemplo, numa habitação com árvores á volta. [12]

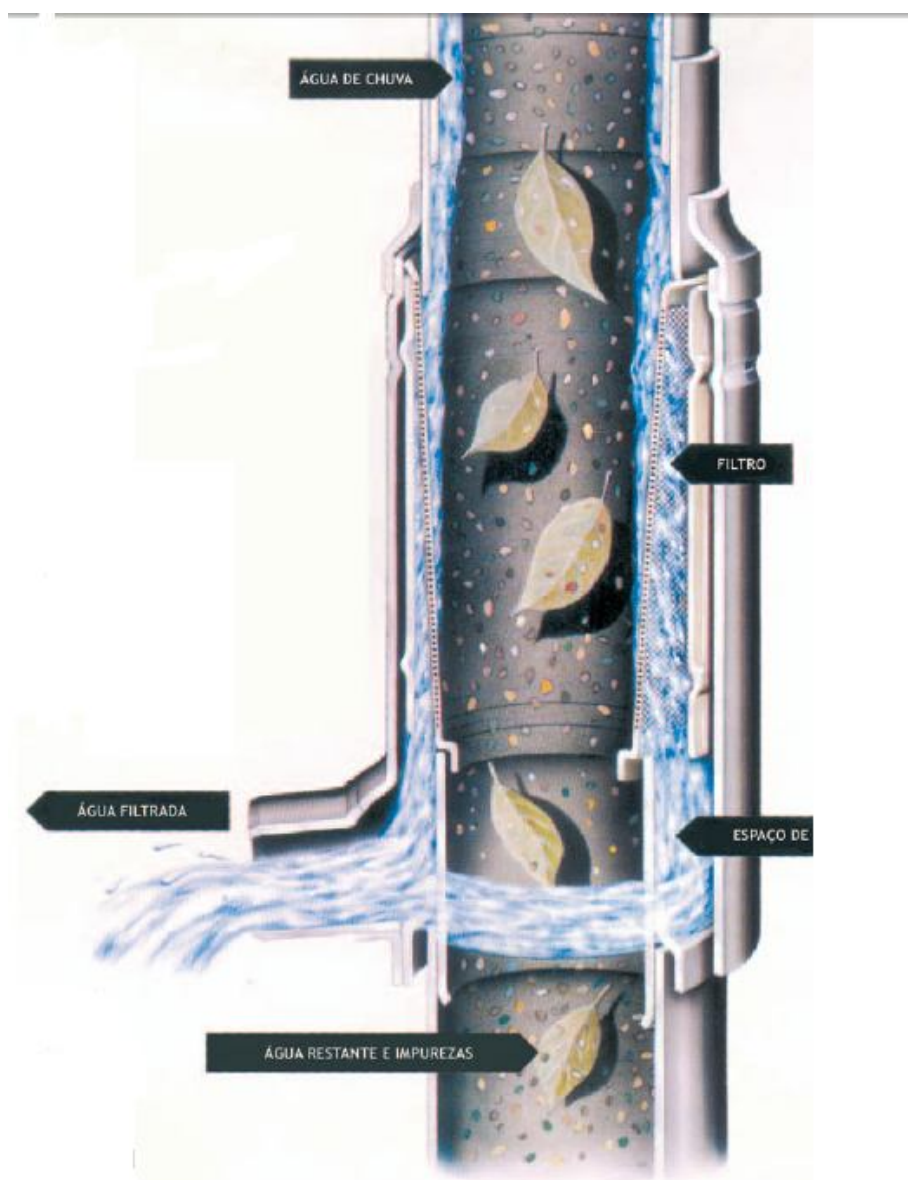


Fig. 40 - Esquema de funcionamento de um filtro Wisy [17]

O Frogmouth é um filtro instalado no tubo de queda, que através do seu design retira folhas e detritos com pouca necessidade de manutenção. A água da chuva do telhado entra no filtro, passa pela malha à prova de mosquitos de aço inoxidável, seguindo para o reservatório. Os detritos, folhas e musgo são desviados pelo sistema de rolo e pela malha sendo conduzidos directamente para o sistema de águas pluviais. O filtro é totalmente fechado, protegendo a água pluvial de mosquitos e impedindo a entrada de luz, o que ajuda a reduzir o crescimento das algas. No caso da água conduzida para o “overflow” ser forçada a voltar ao filtro, a água contaminada é presa na câmara inferior do filtro e é expulsa através do tubo de “backflow”. Quando os tanques estão cheios, o excesso de água é impedido de entrar nos tanques e é desviado pelo filtro para o ralo de águas pluviais. Normalmente será usado um filtro Frogmouth por 100 metros quadrados de área de recolha [E].

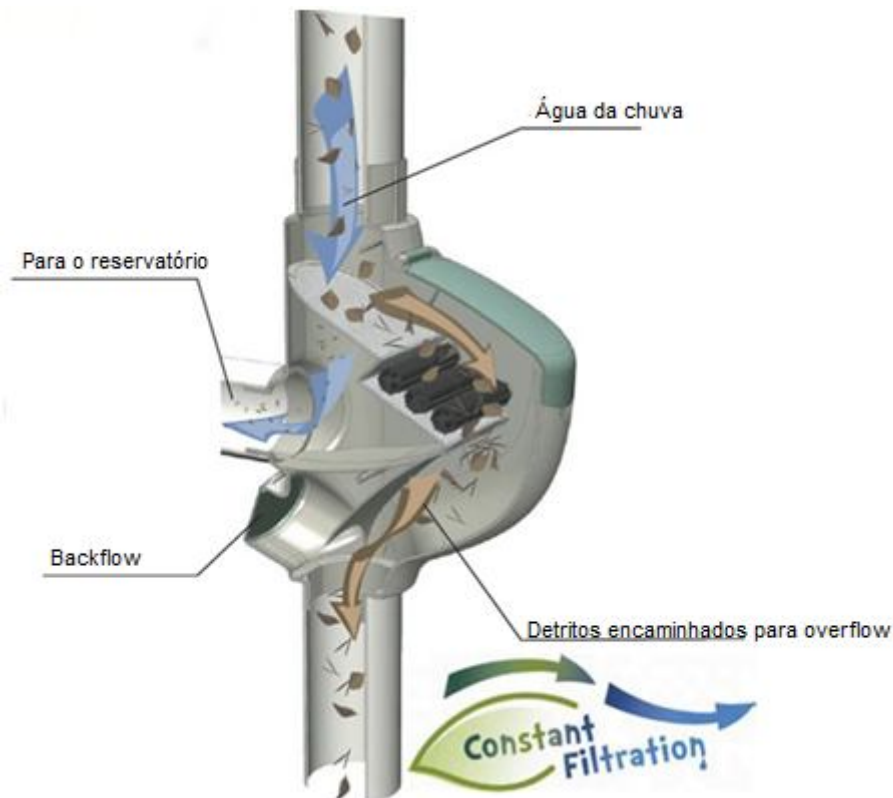


Fig. 41 - Filtro Frogmouth distribuído pela empresa Silvan H2O

Fonte 8 - Catálogo Constant Filtration

O filtro Tadpole é um filtro com o mesmo objectivo do Frogmouth mas com características diferentes. Este filtro tem duas malhas de filtragem, com diferentes espaçamentos (5mm e 0,9 mm) para remover detritos e folhas de uma forma eficaz permitindo também uma limpeza ou substituição fácil, desde que colocado a uma altura facilmente alcançável. Possui também um sistema para impedir que a água suba o tubo de queda em caso deste se encontrar obstruído [E].



Fig. 42 - Filtro Tadpole distribuído pela empresa Silvan H2O

Outro tipo de filtro de tubo de queda é o 3P Rainus disponibilizado pela empresa 3P Technick. O 3P Rainus é um filtro que separa a sujidade pela abertura frontal seguindo a água filtrada pela saída inferior [18]. O funcionamento deste filtro consiste nos seguintes passos:

1. Superfícies transversais ao fluxo travam a água da chuva
2. Travada por uma depressão
3. Devido á barreira existente a saída de água pode fluir uniformemente pelas “cascatas”
4. As cascatas separam as folhas e sujidade desviando-as para a abertura frontal do filtro
5. Debaixo das “cascatas” encontra-se uma malha fina que separa as partículas finas até 0,55 mm
6. Estes detritos são também desviados pela abertura frontal
7. A água filtrada flui pela saída inferior e segue para o reservatório

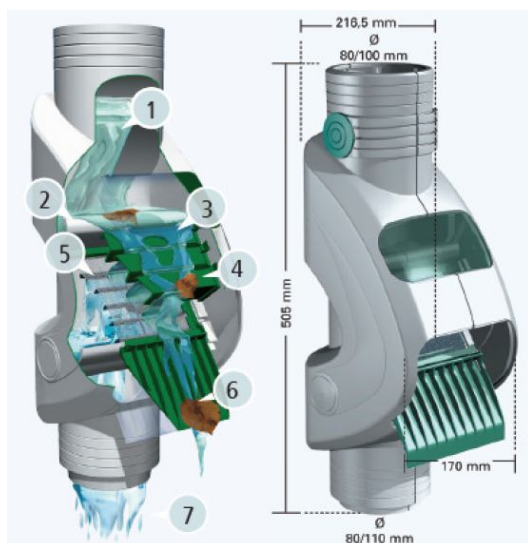


Fig. 43 - Filtro 3P Rainus distribuído pela empresa 3P Technick [18]

5.1.1.2 - Filtros instalados antes do reservatório

Podem ser aplicadas diferentes formas de filtragem antes ou depois dos reservatórios. Estes métodos são todos aplicados antes do consumo da água e pretendem remover detritos finos e organismos nocivos. Daremos no entanto mais ênfase aos filtros localizados antes do armazenamento visto que asseguram uma maior segurança no que diz respeito ao crescimento de bactérias e organismos nocivos á qualidade da água armazenada. [12]

Os filtros tipo vortex disponibilizados pela Wisy são instalados no ponto de união da tubagem que drena a água da chuva de diversos tubos de queda, caso existam mais que um. Utilizam um princípio original de filtragem (tensão superficial) que garante grande eficiência, separando a água da chuva de impurezas como galhos, folhas e musgo assegurando mínima perda de água e exigência de manutenção mínima. Estes filtros apresentam como características a capacidade de captar 90% da água, haver disponíveis para uma gama vasta de áreas de recolha, uma elevada capacidade de filtragem (filtra partículas até 0,28mm), serem fabricados com materiais de boa qualidade (aço inox e carcaça de polipropileno), a capacidade de aguentarem grande cargas (ate 60 toneladas) e permitirem a instalação a qualquer profundidade graças a aplicação de um prolongador. [17]



Fig. 44 - 1) Filtros Vortex da Wisy 2) Esquema de aplicação de um filtro vortex

Outro tipo de filtro usado na filtragem pode ser os disponíveis na empresa 3P Technick que diferem um pouco dos filtros da Wisy. A principal diferença prende-se com o facto de estes filtros usarem um sistema do tipo cascata tornando-os auto limpantes. Os filtros FGC1 incluem dois sistemas de filtragem que asseguram a capacidade de filtragem independentemente do caudal sendo o caudal máximo de filtragem 1,5 l/s por hora. É aconselhada a sua limpeza uma ou duas vezes por ano a qual consiste em retirar o miolo do filtro e passá-lo por água. [18]



Fig. 45 - Filtro da 3P Technick

O funcionamento básico do filtro 3P technick é descrito de seguida.[18]

1. A água entra no filtro e é armazenada na represa sendo distribuída uniformemente pela cascata
2. As partículas maiores são filtradas pela cascata e são enviadas para o esgoto
3. A água já filtrada passa então pela malha fina do filtro (segunda filtragem) com uma malha de 0,65 mm. Devido a sua construção especial toda a sujidade vai directamente para o esgoto.
4. A água limpa vai para o reservatório
5. A sujidade vai para o esgoto



Fig. 46 Esquema de funcionamento do filtro 3P Technick

Fonte 9 - Catálogo Ecoágua



Fig. 47 - Exemplo de aplicação de filtro 3P Technick

Outro filtro disponibilizado pela 3P Technick é o filtro 3P Hydrosystem 1000 Metal cuja principal diferença é o de ter que ser instalado no interior de manilhas de 1000 mm de diâmetro. O filtro processa o fluxo de baixo para cima pois a diferença entre a entrada e saída de água é mínima. Esta particularidade no seu funcionamento faz com que a água filtrada seja de excelente qualidade podendo ser descarregada directamente no esgoto ou infiltrada. O funcionamento deste tipo de filtro é bastante diferente dos já descritos visto que usa os processos de sedimentação, absorção, filtração e precipitação química para limpar a água. O seu funcionamento resumido é descrito de seguida.[18]

1. A tubagem é ligada à secção base do filtro. O ângulo tangencial da entrada gera um fluxo radial na água.
2. O separador hidrodinâmico converte a água turbulenta num fluxo radial e contínuo gerando a sedimentação das partículas. Esta operação tem lugar na secção inferior do filtro e é nesta secção que os detritos removidos são retidos.
3. Esta secção pode ser retirada para limpeza e tem também uma porta lateral de acesso que pode ser aberta para esse feito.
4. Na secção central da estrutura encontra-se o filtro propriamente dito. Os elementos que o compõem filtram a água através do processo de filtragem de subida da água sendo assim os materiais dissolvidos, precipitados e adsorvidos.
5. Acima do filtro encontra-se a água filtrada que passa através de um separador de óleo antes de sair para o exterior seja para o esgoto ou para o ambiente

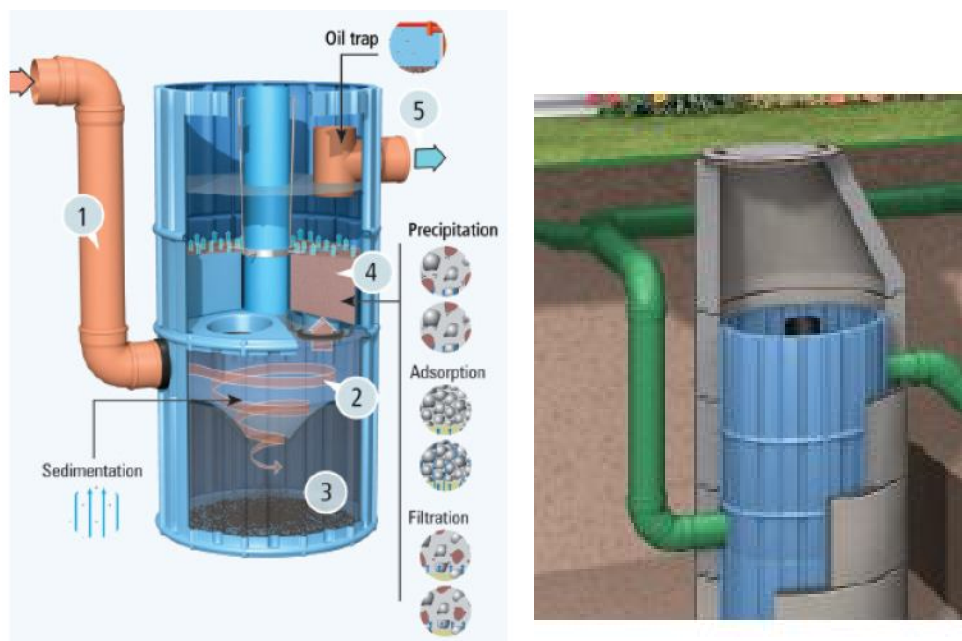


Fig. 48 - 1) Esquema de funcionamento do filtro 3P Hydrosystem 1000 Metal 2) Exemplo de aplicação

A 3P Technick possui também filtros com o funcionamento semelhante ao filtro 3P Hydrosystem 1000 Metal mas com a vantagem de poderem ser instalados directamente no solo. Um exemplo deste tipo de filtro é o 3P Hydrosystem 400 Traffic que possui a capacidade de aguentar cargas superiores. [18]



Fig. 49 - Filtro 3P Hydrosystem 400 Traffic

5.1.1.3 - Filtros no reservatório

Falaremos agora dos filtros de água da chuva para instalação em reservatórios. Devido à inclinação do filtro e à sua estrutura, os detritos soltam-se e vão para o esgoto. O miolo do filtro é em aço inoxidável envolvido em malha plástica. É possível instalar um dispositivo de auto-limpeza no filtro sendo a sua aplicação conjugada com sifão duo e com a entrada anti-turbulência. A manutenção neste tipo de filtro é reduzida devido a capacidade de auto-limpeza. [18]

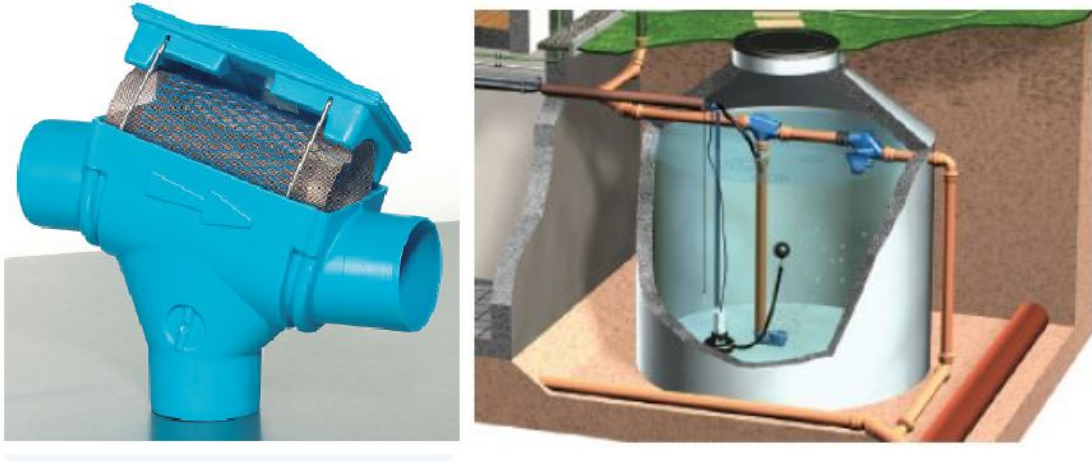


Fig. 50 - 1) Filtro para aplicação no reservatório 2) Exemplo de aplicação

O seu funcionamento é muito simples e pode ser descrito em três passos.

1. A água da chuva é conduzida ao miolo filtrante do filtro
2. O miolo filtrante filtra a água. A água limpa vai para o reservatório onde entra através da entrada anti-turbulência.
3. Devido a inclinação do filtro e à sua estrutura a sujidade solta-se e segue para o esgoto.



Fig. 51 - Esquema de funcionamento do filtro

5.1.2 - TRATAMENTO BIOLÓGICO

O tratamento biológico é usualmente aplicado como uma etapa de tratamento antes ou depois do armazenamento de água em SAAP de maior dimensão e com maior exigência na qualidade de água. O processo utiliza bactérias para eliminar contaminantes tais como os hidrocarbonatos (óleos), compostos orgânicos, fosfatos, nitratos e amónia. É por isso apropriado para aplicação em sistemas de recolha de água da chuva captada no solo. No decorrer destes processos biológicos é necessária a substituição periódica dos agentes que actuam na limpeza da água. Dentro deste tipo de tratamentos estão incluídos os filtros de membrana e filtros de carvão activo.

Como o tratamento biológico é usado para casos onde se exige uma grande qualidade de água consideramos que não se enquadram no âmbito de deste trabalho, sendo que serve este subcapítulo para fazer uma breve referência. [12]

5.1.3 - DESINFECÇÃO

Após a água ser filtrada pode ser necessário desinfectar a água para matar micróbios e bactérias nocivos. A maior parte dos sistemas que usam a água das chuvas para uso nas descargas sanitárias não precisa de incluir desinfecção da água. Unicamente nos casos onde a qualidade da água é considerada insuficiente ou no caso de água se destinar a outros usos, se deverá usar os sistemas de desinfecção. No caso de Portugal, como o uso de a água se destina para descargas sanitárias, não será necessário o uso de desinfecção mas antes uma avaliação da área de recolha e da concepção do sistema para identificar a razão da deterioração da água. [12]

A título de exemplo descreveremos, resumidamente, em que consiste a desinfecção de ultra-violeta. Este método consiste na exposição da água à luz ultra-violeta de alta intensidade com o objectivo de matar os microrganismos nela presentes. De referir que esta tecnologia representa um factor de agravamento do impacto económico, visto que representa uma maior necessidade de investimento e de manutenção. Isto deve-se principalmente ao custo de energia e substituição de lâmpadas de ultra-violeta.

5.2 - ENTRADA DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

A entrada de água é o passo seguinte à filtragem, no caminho da água até ao reservatório. Nesta fase é fulcral manter as condições aeróbias de modo a manter actividade biológica benéfica nas partes inferiores do reservatório. As bactérias anaeróbicas aparecem devido a um excesso de matéria orgânica e nutrientes que entram no reservatório e a oxigénio dissolvido insuficiente na água armazenada. A oxigenação pode ser incentivada levando o tubo que vem do filtro para o fundo do reservatório, assegurando que a entrada de água não perturba os sedimentos localizados no fundo. Isto é feito controlando a forma como a água entra no reservatório. Para este efeito, são usados freios de água. O freio de água não deixa a água que entra no reservatório atingir a camada de sedimentação, formada por partículas finas de sujidade depositadas no fundo do reservatório (decantação), impedindo que se misture novamente com a água armazenada. Ao mesmo tempo, a camada inferior recebe uma injeção de oxigénio sendo que este oxigénio afasta a possibilidade dum processo anaeróbico na água parada. [18]

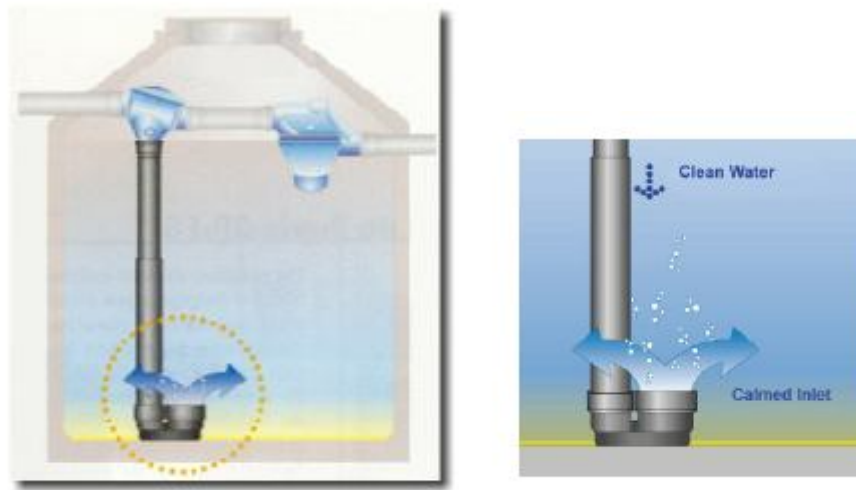


Fig. 52 - Entrada da água no reservatório

De seguida mostraremos alguns freios de água já disponíveis no mercado. Geralmente são feitos em polietileno.



Fig. 53 - Freio de água da empresa Wisy

5.3 - TOMADA DE ÁGUA

A água mais limpa de qualquer reservatório é captada logo abaixo da superfície, sem puxar os sedimentos do fundo. Para esta captação funcionar correctamente deve ser instalado um conjunto flutuante de sucção. Uma bóia mantém a boca do conjunto, dotada de um pequeno filtro roscado para maior segurança, logo abaixo da superfície. Graças à mangueira flexível a funcionalidade do conjunto é sempre mantida, esteja o reservatório cheio ou quase vazio. Uma válvula anti-retorno atrás do filtro na boca da mangueira completa a segurança do conjunto. Esta válvula assume uma particular importância pois impede a entrada de óleo da bomba e detergentes, no reservatório. [18]

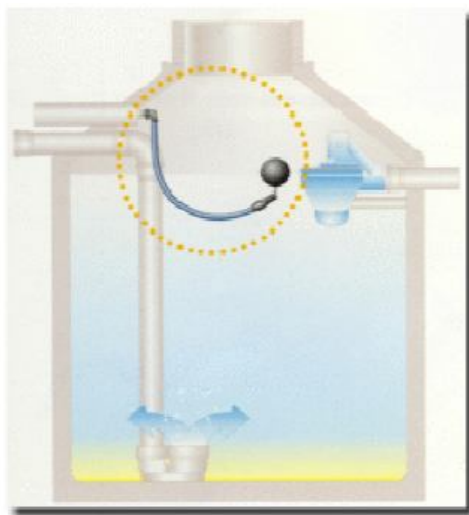


Fig. 54 - Tomada de água no reservatório

Existem vários tipos de mangueira que diferem no tipo de filtragem que se pretende nesta fase, dependendo por isso da filtragem instalada nas etapas anteriores a esta. A empresa Wisy possui os seguintes tipos de filtros, dividindo-os em filtro fino para casos onde a pré-filtragem da água não é possível e filtros grossos indicados para casos em que a água já foi filtrada. [17]



Fig. 55 - Filtros flutuantes de variados tamanhos da empresa Wisy

Estes filtros filtram as impurezas que podem ainda estar presentes na água, garantido a sua qualidade e evitando problemas com a bomba. Apresentam também a vantagem de poderem ser usados com qualquer tipo de bomba e, devido aos vários comprimentos de mangueira disponíveis, com qualquer dimensão de reservatório. [17]

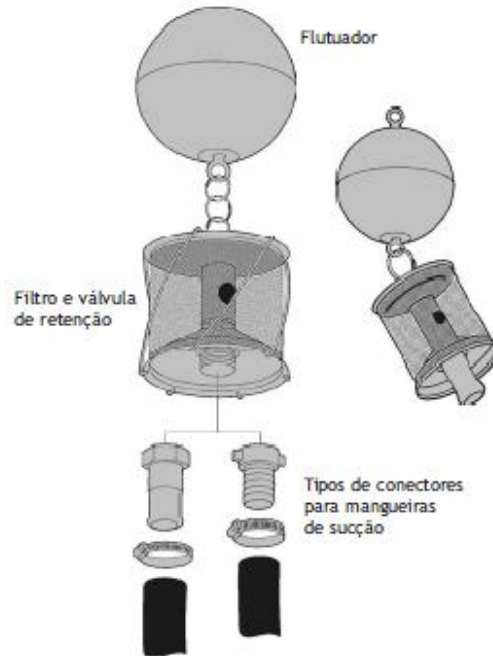


Fig. 56 - Composição dos filtros de sucção flutuantes

5.4 - “FIRST FLUSH”

O “first flush” consiste, como o nome em inglês sugere, no desvio das primeiras águas da chuva, de maneira a que não cheguem a entrar no reservatório. Este processo é importante visto que as primeiras chuvadas provenientes da cobertura ou telhado do edifício podem conter bactérias formadas a partir da decomposição de insectos, fezes de animais, elevadas concentrações de ácido tânico, sedimentos, metais pesados e resíduos químicos, todos estes elementos nocivos para a qualidade da água e, consequentemente, perigosos para a saúde humana.[12]

Estes poluentes são desviados com os primeiros volumes de água que entram no SAAP, sendo conduzidos para a câmara do desviador de água. Os desviadores de água usam um sistema simples, automático e sem peças metálicas fazendo com que estes acessórios tenham uma exigência de manutenção reduzida. O seu funcionamento consiste em: à medida que a água sobe na câmara do desviador de água a bola flutuante no seu interior acompanha essa subida até a câmara estar cheia, altura em que a bola encaixa num redutor impedindo que entre mais água na câmara, selando-a. O resto da água segue automaticamente para o reservatório, através da tubagem. [F] [19]

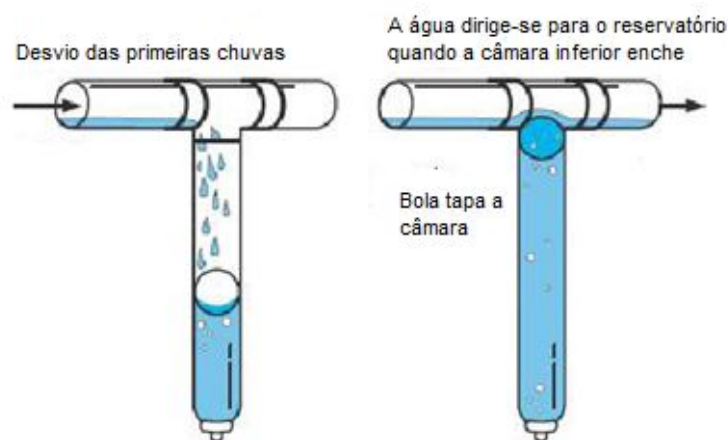


Fig. 57 - Esquema de funcionamento de sistema de "first flush" [F]

Para um desviador de água funcionar correctamente, a câmara deve ser totalmente estanque para prevenir que a água contaminada vá para o reservatório e assegurar que a água contaminada não saia da câmara, por efeito de sifão. O sistema de bola e redutor é a maneira mais simples e eficaz de assegurar isso. Uma válvula é instalada no fundo da câmara do desviador para que esta se esvazie automaticamente depois da chuva, ficando pronta para a próxima utilização. Estes sistemas são instalados no tubo de queda do edifício e devem ter o comprimento adequado para receber o volume de água devido ao desvio de água necessário para garantir uma boa qualidade de água. É importante que o fundo da câmara se situe a uma altura de fácil acesso para simplificar as operações de manutenção e limpeza. Assim, para aumentar a qualidade da água, a altura da câmara do desviador deve ser a maior possível. [19]



Fig. 58 - Imagem de sistemas de "first flush"

Estes sistemas devem ser instalados em cada tubo de queda que conduz a água ao reservatório. Para sistemas com maiores volumes ou com tubos de queda múltiplos será mais eficiente optar por outro tipo de sistema com maior capacidade, tais como o uso de um desviador maior, enterrado.[L] Os desviadores de água devem ser complementados com o uso de filtros de tubo de queda para fazer com que a câmara de desviador não entupa. Eles não só ajudam o desviador a funcionar mais efectivamente desviando a água contaminada, como garantem que a câmara se esvazie ficando preparada para a próxima utilização, reduzindo assim a exigência de manutenção.[G]

5.5 - “OVERFLOW”

O objectivo dos sistemas de “overflow” consiste em escoar para um local aprovado, sejam redes pluviais ou linhas de água naturais, a água que excede a capacidade do reservatório devido a fortes precipitações. As partículas que são mais leves que a água, como por exemplo pólenes, sobem devagar até atingirem a superfície de água no reservatório. Através de descarga do excesso de água no reservatório é possível remover esta camada flutuante de poluentes, contribuindo para manter uma água com boa qualidade e permitindo que o oxigénio chegue á superfície de água. A camada flutuante poderia, em casos extremos, "cobrir" de tal maneira a superfície da água que deixaria de existir entrada de oxigénio, o que poderia originar um processo anaeróbico na água armazenada. Esta camada flutuante é retirada pelo sifão com desenho especial, que funciona como o "scimmer" das piscinas, quando a cisterna cheia transborda. Caso o “overflow” esteja ligado directamente a uma rede pluvial, recomenda-se a instalação de uma rede anti-roedores. [18]

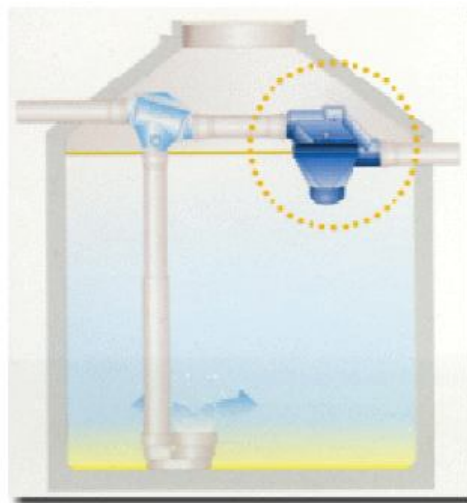


Fig. 59 - Esquema de montagem de sistemas de “overflow”

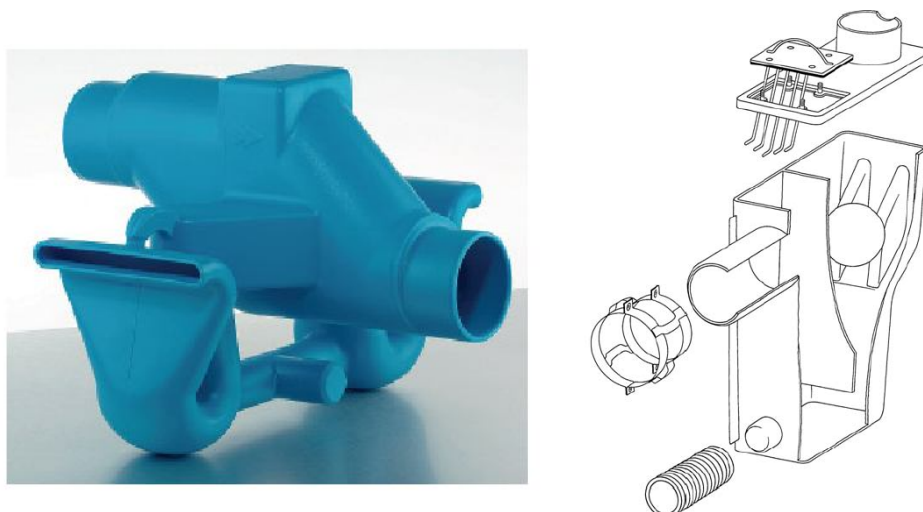


Fig. 60 - 3P "overflow" sifão duo 1) imagem 2) Peças

No caso de existir a possibilidade de retorno de água, o sistema de descarga deve ser equipado com válvula de prevenção de "backflow". A válvula de prevenção de "backflow" permite à água o seu fluxo num único sentido permitindo o natural "overflow" do reservatório. Se a água surgir da direcção oposta, a válvula fecha e previne a entrada de água contaminada no reservatório.[18]



Fig. 61 - Válvula de prevenção de "backflow"

5.6 - SISTEMAS DE BOMBAGEM E ACESSÓRIOS

As bombas podem ser divididas em duas grandes categorias: de deslocamento positivo e turbobombas. Neste trabalho daremos mais ênfase às turbobombas visto que fornecem um fluxo contínuo, desenvolvendo uma alta velocidade no fluido, capaz de produzir caudais elevados mas, carga hidráulica relativamente baixa.

Dentro deste tipo de bomba estão incluídas as bombas centrífugas e bombas a jacto. Uma bomba centrífuga é apropriada para a maioria das instalações de aproveitamento de água de chuvas devido à sua simplicidade, à gama de cargas hidráulicas (elevações) e caudais e relativo baixo custo. Nesta parte tentaremos referir várias alternativas de bombas e instalações, de modo a ser atingido o que se pretende de uma bomba em casos de SAAP: uma bomba que utilize pouca energia, seja durável e resistente e que tenha uma exigência mínima de manutenção. Outras propriedades importantes são a resistência á corrosão e a capacidade de bombear à altura pretendida.

De seguida analisaremos os diferentes tipos de instalações possíveis no que diz respeito à localização e tipo de controlo da bomba.

5.6.1 LOCALIZAÇÃO DA BOMBA: A SECO OU SUBMERSA

Dentro da gama de bombas a seco existem duas opções disponíveis no mercado: centrífugas e centrífugas auto-ferrantes.

5.6.1.1 - Bombas centrífugas

A melhor maneira de montar uma bomba centrífuga normal é localizá-la a uma profundidade tal que se encontre mais baixa do que a superfície da água que está a bombear. Isso é conhecido como montagem em carga (os filtros montados na aspiração estão equipados com uma válvula de retenção, simples ou dupla para manter o tubo de aspiração cheio de líquido quando a bomba pára). As bombas centrífugas não são auto-ferrantes, a menos que especificamente indicado [20]. A utilização de uma bomba centrífuga normal acarreta assim uma despesa adicional pois será necessário escavar mais para a instalação da bomba e acessórios e, por essa razão, dificulta o acesso simples em casos de manutenção ou reparação. Por esta razão este tipo de bombas são recomendadas para sistemas que incluam um reservatório acima do solo. [23]



Fig. 62 Aplicação possível de uma bomba centrífuga normal

5.6.1.2 - Bombas centrífugas auto ferrantes

Ainda falando de bombas a seco, a alternativa às bombas centrífugas normais é o uso de bombas centrífugas auto-ferrantes. Estas bombas diferem das normais na capacidade de serem instaladas acima da linha de água que se pretende bombear, permitindo uma instalação mais simples e proporcionando uma maior facilidade de manutenção e reparação. A razão desta diferença prende-se com o facto de, ao contrário das bombas centrífugas, que pela sua natureza não geram sucção se tiverem ar (se tiverem líquido o caudal do fluido não gera a sucção), as bombas auto ferrantes armazenam uma quantidade de água de maneira a que, quando seja necessário entrar em funcionamento, a bomba se encontre já “ferrada”. O escorvamento (ou ferragem) de bombas define-se assim como substituição do ar contido na bomba e na conduta de aspiração, por líquido. Uma bomba instalada acima de superfície livre do líquido no reservatório está escorvada/ferrada quando o seu interior está cheio de líquido susceptível de ser bombeado. Por esta razão, este tipo de bombas deve ser utilizado quando se opta por reservatórios enterrados. [23]

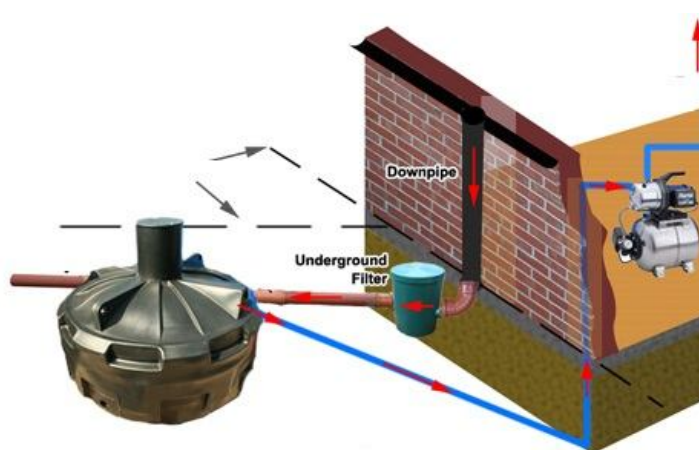


Fig. 63 - Aplicação possível de uma bomba centrífuga auto ferrante

5.6.1.3 - Bombas submersíveis

No seguimento da discussão sobre os problemas de localização das bombas para SAAP falaremos agora da opção alternativa às bombas a seco: bombas submersíveis. A bomba submersível é um dispositivo que tem um motor hermeticamente fechado acoplado ao corpo da bomba. O conjunto está imerso no líquido a ser bombeado.

A principal vantagem deste tipo de bomba é que ela evita a cavitação, problema associado à diferença de altitude entre a bomba e a superfície do líquido. Bombas submersíveis empurram a água para o ponto desejado sendo assim uma das soluções para que o ar não entre na bomba (bomba constantemente “ferrada”) [20]. A maioria da bibliografia consultada aponta as bombas submersíveis como a solução preferencial. Isto prende-se com o facto de estas bombas, apesar de representarem um investimento inicial maior, apresentarem vantagens, mais concretamente na simplicidade da instalação, na ausência de ruído quando estão ligadas e, acima de tudo, o facto de estarem automaticamente ferradas. Estas bombas podem ser instaladas quer em reservatórios enterrados quer acima do solo. [23]



Fig. 64 - Bomba submersível

5.6.2 - TIPO DE CONTROLO DA BOMBA

Nesta secção do trabalho tentaremos explicar a importância da escolha adequada para o tipo de controlo da bomba. O controlador de bomba combina a função de um interruptor de pressão e um interruptor de caudal. Estes sistemas são particularmente importantes pois permitem ligar e desligar a bomba, automaticamente, dependendo da necessidade de água e também fornecem protecção á bomba para não operarem a seco [24].

5.6.2.1 - Protecção da bomba

Para tal protecção deve ser instalado um interruptor de nível que desligue automaticamente a bomba, caso o reservatório se encontre quase vazio [12]. A instalação deste interruptor merece também algumas cautelas, nomeadamente no que diz respeito á sensibilidade com que deve ser calibrado. Se for mal calibrado, a bomba vai ligar e desligar várias vezes para fornecer pequenos volumes, e, se não se tomarem as devidas precauções, pode aquecer e até queimar [I]. No caso das bombas submersíveis o aquecimento da bomba pode também contribuir para o aquecimento da água armazenada sendo propício ao aparecimento de microrganismos considerados prejudiciais para a qualidade da água [12]. Para assegurar o funcionamento normal do sistema é necessário instalar um painel de controlo electrónico que estará ligado ao interruptor de nível, localizado dentro do reservatório. Quando o nível da água dentro do reservatório for menor que um determinado nível pré-definido o interruptor envia um sinal para o painel de controlo que, em seguida, toma as seguintes acções nas duas válvulas solenóides.

A primeira válvula solenóide que é colocada do lado do abastecimento, logo após a bomba e que está normalmente na posição aberta, será fechada pelo painel de controlo para evitar que água da rede municipal retorne ao reservatório. A segunda válvula solenóide, que é colocada em linha no tubo de abastecimento municipal e está na posição normalmente fechada, será aberta pelo painel de controlo para permitir que a água municipal alimente a habitação. Quando recomeçar a chover e o nível de água nos reservatórios subir, as válvulas retomam a situação inicial [K]. Este processo é uma das formas de efectuar o já falado suprimento, sobre as quais falaremos mais detalhadamente, no final deste capítulo.

5.6.2.2 - Automatismo da bomba

Como já foi referido, o facto de a bomba se ligar e desligar consoante as necessidades de água, apesar de representar uma vantagem na automatização do sistema, pode fazer com que o tempo de vida da bomba seja mais reduzido, sendo necessário instalar sistemas que impeçam ou reduzam a probabilidade de que tal ocorra [12]. Este problema é mais grave nos sistemas directos pois obrigam a bomba a mais operações. De seguida serão descritos alguns sistemas que podem ser instalados, juntos ou separados da bomba, de maneira a atenuar este efeito. Os sistemas descritos são três:

- Reservatórios de ar comprimido
- Bombas com sensores de pressão
- Caixas de controlo.

Reservatórios de ar comprimido têm sido usados ao longo do tempo e são instalados em várias aplicações hidráulicas sendo por isso uma tecnologia comprovada, amplamente disponível e aceite. Existe um certo volume de ar que se vai comprimindo à medida que a bomba introduz água no reservatório [1]. Quando a pressão atinge um determinado nível, um pressostato faz desligar a bomba (situação “off”). A partir desse momento, qualquer consumo que haja faz gastar água, logo diminuir a pressão no interior do reservatório. Quando essa pressão atingir um limiar considerado baixo, o pressostato faz arrancar a bomba de novo (situação “on”).

Frequentemente, para evitar que o ar sob pressão se dissolva na água, utiliza-se a solução “membrana”, isto é, um balão elástico que se expande ou comprime conforme as pressões a que está submetido.



Fig. 65 - Reservatório de ar comprimido

Bombas com sensores de pressão são mais recentes e definem-se como sendo uma unidade que combina a acção de uma bomba com a acção de um sensor de pressão. Quando uma queda na pressão da água é detectada, a bomba liga-se automaticamente, ficando operacional até a pressão da água voltar ao normal, altura em que a bomba se desliga. As instalações típicas de SAAP possuem uma bomba de pressão sensível, dentro ou perto do reservatório de água da chuva, que mantém a pressão no tubo para qualquer torneira de água não potável. Como a pressão diminui sempre que se utiliza a água armazenada, a bomba vai ligar de novo. Isso cria uma situação em que a bomba vai operar todo o dia, ou seja, ligar e desligar frequentemente dia e noite. O arranque da bomba acarreta um grande

consumo de electricidade, que é repetido muitas vezes. Esse esforço também acelera o desgaste da bomba. [1]

A solução para este problema poderá passar ou por instalar um sistema gravítico ou instalar um reservatório de pressão semelhante ao já descrito. Algumas bombas deste tipo possuem um sistema interno semelhante ao dos reservatórios de pressão (membrana elástica) mas são significativamente mais caras. [1]



Fig. 66 - Bomba com sensor de pressão

O mais recente tipo de controlo de bombas é as caixas de controlo. Trata-se de um dispositivo separado (não integrado na bomba) que detecta a pressão no sistema, ligando ou desligando a bomba conforme a necessidade do momento. Ao contrário dos dois sistemas referidos anteriormente para controlo de bomba, estes sistemas podem incluir também a protecção de operação a seco da bomba, já explicada. Estes controladores podem ser facilmente adicionados às instalações existentes ou ser comprados já com bomba e acessórios incluídos. De seguida descreveremos os principais sistemas de controlo existentes no mercado.

5.6.2.3 - Suprimento e “by-pass”

O suprimento define-se como sendo a fonte alternativa de abastecimento água que se deve utilizar caso não haja água suficiente no reservatório. Como nem todas as habitações possuem poço ou linhas de água adjacentes, a água da rede pública é considerada como principal fonte de água em períodos longos de estiagem. Assim, é necessário ligar a rede pública a pontos do SAAP de modo a assegurar que o funcionamento do SAAP seja contínuo, mesmo quando o reservatório se encontre vazio. [12]

A maneira como o sistema de “by-pass” é implementado depende do tipo de SAAP em utilização. Assim, se se optar por um sistema gravítico, a rede de água potável será ligada directamente ao reservatório superior. Neste tipo de instalação, como nos sistemas directos, é necessário garantir a impossibilidade de conexões cruzadas [12]. Isto é, o dispositivo de alimentação suplementar ligado á rede pública deve ser instalado garantindo que a distância entre a saída desse dispositivo e o nível máximo possível do reservatório não é inferior a 30 mm. Este detalhe construtivo assegura que a água proveniente do SAAP nunca entre na rede de água potável (“backflow”) [3].

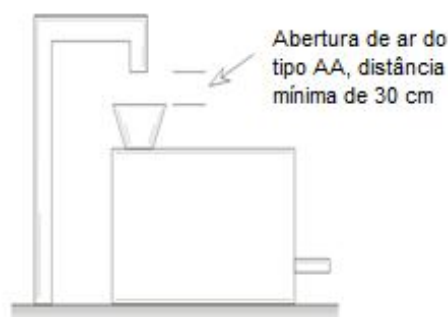


Fig. 67 - Abertura de ar do tipo AA em conformidade com norma britânica BS 8515 : 2010

O método de “by-pass” descrito não é, por razões óbvias, passível de aplicação num SAAP directo visto que estes não incluem um reservatório superior. Assim, para assegurar a não contaminação da água da rede potável e instalar um sistema automático de controlo, é necessário um sistema mais complexo. Existem vários sistemas para garantir um “by-pass” eficaz mas daremos mais importância a dois tipos pois nos parecem os mais usuais e com maior potencial de aplicação. O método mais barato consiste em ligar o “by-pass”, à semelhança do sistema gravítico, directamente ao reservatório. Quando o nível de água no reservatório atinge um nível mínimo pré-definido, uma válvula abre e a água do suprimento é fornecida directamente ao reservatório [26]. Como no caso de um sistema gravítico, para evitar a conexão cruzada e consequente contaminação da água da rede potável, a tubagem do suprimento deve estar situada no mínimo 30 centímetros acima do nível mais elevado expectável de água no reservatório, ou fazer-se com que a água flua através de um funil que forneça um espaço de ar semelhante. Os sistemas mais sofisticados utilizam uma válvula solenóide controlada por uma bóia flutuante de baixa voltagem ou um dispositivo de controlo electrónico.



Fig. 68 - Caixa de controlo e acessórios

As componentes deste tipo de sistema, disponibilizado pela empresa Wisy, são [17]:

- Bomba submersível com filtro de sucção flutuante fino
- Indicador de nível para reservatórios com fio de medição de 13 m.
- Interruptor de nível calibrado para controlar o suprimento do reservatório
- Manómetro para indicar a pressão na tubagem
- Sistema de controlo com sistema de abertura de ar do tipo AA, com válvula solenóide e funil

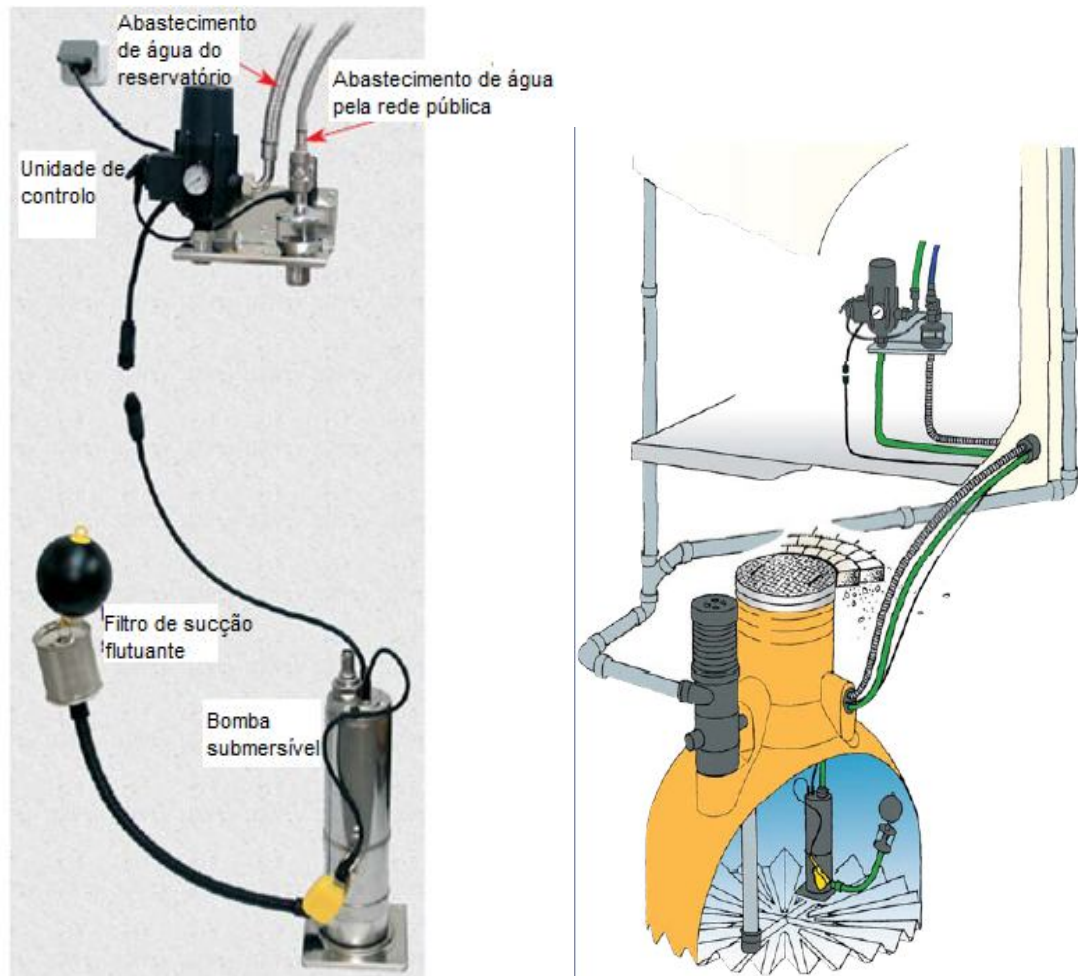


Fig. 69 - Sistema de controlo Wisy Multimat system

Infelizmente, se o “by-pass” for realizado directamente ao reservatório ocorrerá uma situação indesejável pois a água potável proveniente da rede pública se misturará com a água presente no reservatório, que pode conter sedimentos no fundo do tanque. Isto reduz fortemente a qualidade da água presente no reservatório.[26]

Assim sendo, o método mais eficaz de “by-pass” é o que é realizado quando ambos, suprimento e abastecimento de água da chuva, estão ligados directamente ao sistema de tubagens através de uma válvula mecânica de três vias.



Fig. 70 - Válvula de três vias

Quando há água suficiente no reservatório de águas pluviais, a válvula conecta o sistema de tubagens ao abastecimento de água da chuva [26]. Quando a água no tanque de água da chuva atinge um nível mínimo pré-definido, a válvula conecta a rede pública ao sistema de tubagens. Para garantir a não contaminação da água da rede pública é instalado no interior da válvula um dispositivo de “backflow”.

O sistema apresentado de seguida efectua o suprimento desta forma, apresentando no entanto, uma particularidade comparativamente ao sistema apresentado anteriormente: a posição da bomba. Estes sistemas de controlo são comprados já com bomba incluída podendo ser interpretado como uma espécie de sistema integrado de bombagem e controlo. Como se pode observar na figura 70, este sistema foi concebido para que a bomba se localize dentro de casa, inserido na própria caixa de controlo, o que não deixa de representar uma grande facilidade em termos de acessibilidade [28]. Este sistema de controlo de sistemas de água da chuva pertence à empresa Grundfos e tem as seguintes características principais: instalação fácil e manutenção reduzida, assegura a completa separação entre águas pluviais e águas da rede. Este sistema é constituído por [28]:

- Pequeno reservatório integrado que armazena água da rede pública
- Válvula de 3 vias
- Bomba MQ Grundfos
- Painel de controlo
- Tanque de ar comprimido



Fig. 71 - Sistema RMQ da empresa Grundfos

Tabela 30 - Componentes do sistema RMQ da empresa Grundfos [28]

Número	Descrição
1	RMQ
2	Abastecimento de água a rede pública
3	Reservatório
4	Filtro
5	Sensor de nível
6	Filtro de sucção
7	Água da chuva limpa
8	Água da chuva contaminada ("overflow")
9	Esgoto
10	Água da chuva

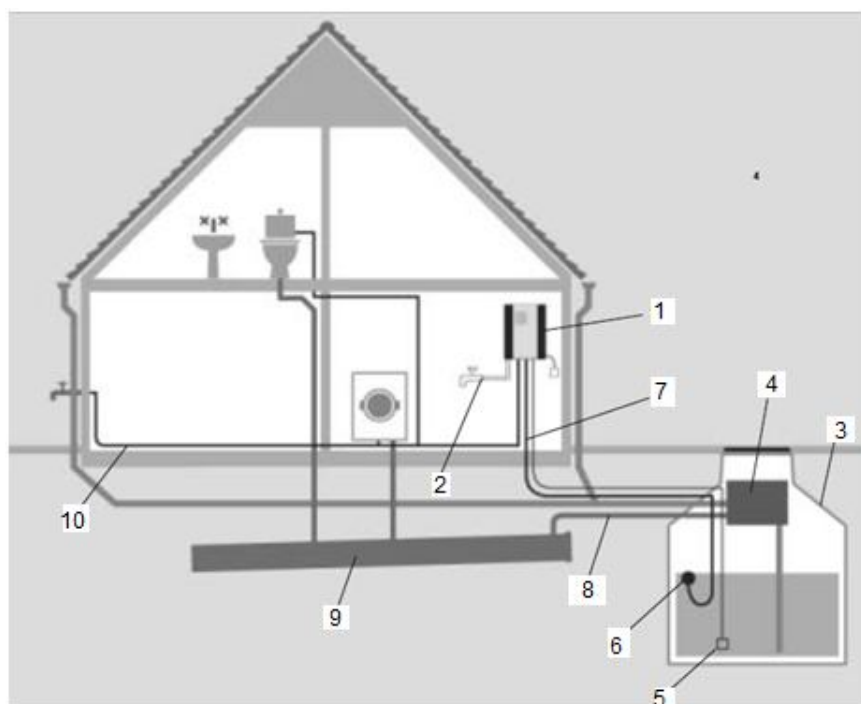


Fig. 72 - Legenda do sistema RMQ

6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como já foi referido, os reservatórios de SAAP são a componente mais cara do sistema. No entanto, actualmente levantam-se dúvidas sobre a explicação deste facto. Uma das explicações possíveis é o dimensionamento incorrecto desta componente, levando a que muitas vezes o investimento inicial seja maior, sem qualquer benefício para o consumidor. É neste contexto que o programa RESAP se revela de extrema importância: o correcto dimensionamento dos reservatórios conduzirá a uma minimização dos investimentos iniciais, tornando a aplicação deste tipo de aproveitamento mais apetecível, no aspecto económico. Este programa é também capaz de calcular o volume de água da chuva anualmente gasto, contribuindo em larga escala para uma análise económica correcta, permitindo ao consumidor, balancear o investimento inicial com o retorno que, mais tarde ou mais cedo, obterá. No caso estudado, neste trabalho, foi possível chegar à conclusão que um reservatório entre 3000 a 4000 litros se adequa aos consumos da habitação em estudo.

Abordando agora um lado mais negativo, o leitor pode afirmar que o investimento inicial é bastante elevado, especialmente na conjuntura económica em que o mundo se encontra nos dias de hoje. Porém, podemos afirmar com algum grau de certeza que, o futuro da gestão do recurso água passará por este tipo de sistemas, bem como outros que explorem fontes alternativas de água. De certo chegará o dia em que o uso de água potável, para usos em que a qual não é necessária, será visto como um desperdício de um bem essencial para o nosso bem-estar, e até, sobrevivência. O estudo continuado e devidamente orientado destes tipo de sistemas revela-se, por isso essencial, se não, absolutamente vital.

Na nossa opinião, para estes sistemas ganharem uma maior notoriedade e aceitação do público em geral, é necessário fazer com que a informação básica sobre SAAP chegue às pessoas potencialmente interessadas. Assim, escolhas como tipo de sistema, localização do reservatório, escolha do material do reservatório deverão acompanhar as exigências dos consumidores, obedecendo sempre às normas e linhas de boa prática na instalação das componentes dos SAAP. Passando para uma abordagem mais técnica, sustentada pela pesquisa realizada no âmbito deste trabalho, podemos dizer que existem soluções que ganham vantagem em relação a outras. Se, durante a pesquisa realizada, foi possível notar uma tendência para o uso de sistemas directos em detrimento dos sistemas gravíticos, na escolha da localização do reservatório esta assume-se como uma escolha mais dependente das preferências, capacidade financeira e expectativas do comprador. Em todo o caso, esta escolha acarreta mais-valias ou desvantagens, as quais devem ser devidamente explicadas ao comprador, pela entidade instaladora.

Em relação à escolha do material usado, é também possível observar tendências claras de um material sobre o outro. O polietileno de alta densidade assume-se como uma boa escolha para sistemas de pequena capacidade, como o betão é preferível em sistemas que necessitem de uma capacidade mais elevada. Pretende-se alertar para o facto de, os materiais escolhidos variam de país para país, conforme a disponibilidade de matéria-prima e mão-de-obra especializada para a sua instalação ou fabrico. Existem de facto opções mais económicas do que o polietileno e o betão, mas que, derivado à sua

menor resistência estrutural e instabilidade quando em contacto com água, se podem tornar opções menos vantajosas devido a uma maior exigência em termos de manutenção, o caso dos reservatórios de ferrocimento.

Falaremos agora dos equipamentos para utilização em SAAP, considerados indispensáveis para o bom funcionamento destes sistemas. Os equipamentos de tratamento de água asseguram a qualidade da água, ao longo do caminho percorrido pela água no SAAP. Apesar de existirem uma vasta gama de filtros disponíveis no mercado, todos eles têm como objectivo remover os detritos sólidos, presentes na água. A escolha dos filtros depende da qualidade pretendida para a água, sendo que para uso em vasos sanitários, rega e máquinas de lavar, não deverão ser necessários tratamentos adicionais, como a desinfecção. Se a qualidade da água não obedecer aos critérios estabelecidos pelas normas em vigor, o sistema de filtragem deverá ser reanalisado, ao invés de se apostar imediatamente noutros tipos de tratamento. Outros acessórios que devem ser instalados em SAAP, são os equipamentos de “first-flush”. Estes equipamentos têm uma grande influência na qualidade da água, que chega ao reservatório. Estes equipamentos desviam água que um sistema normal de SAAP não terá capacidade de tratar, através da filtragem. Recomenda-se a utilização destes equipamentos conjugados com a filtragem, já referida. A água é tratada também no interior do reservatório. Equipamentos como a entrada anti-turbulência, sifão e filtro de sucção flutuante contribuem para o melhoramento da qualidade da água. Estes sistemas de tratamento são na sua generalidade aceites, sendo que o consumidor deverá seguir as recomendações das entidades competentes.

Ainda falando sobre os equipamentos, falaremos das bombas e respectivos sistemas de controlo. A escolha da bomba deve ser realizada em conjunto com a empresa fornecedora, mais especificamente na determinação das suas características. A escolha da bomba depende da localização do reservatório, visto que para cada tipo de instalação de reservatório, deverá ser instalada uma bomba com características que assegure o seu melhor funcionamento. O mesmo pode ser dito em relação aos sistemas de controlo. No entanto, estes sistemas deverão obedecer a normas construtivas para, mais especificamente, impedir a conexão cruzada entre rede potável e rede de SAAP. Este factor ainda é, um dos que gera mais desconfiança das autarquias em relação a estes sistemas.

De seguida apresentaremos duas instalações de SAAP típicas, as quais diferem em aspectos como localização do reservatório e bomba. Porém, estas duas figuras revelam-se de grande utilidade visto que, com a sua observação e análise, se compreenderá melhor o esquema de instalação de SAAP, principalmente o tipo de válvulas que se deverá instalar e sua localização-

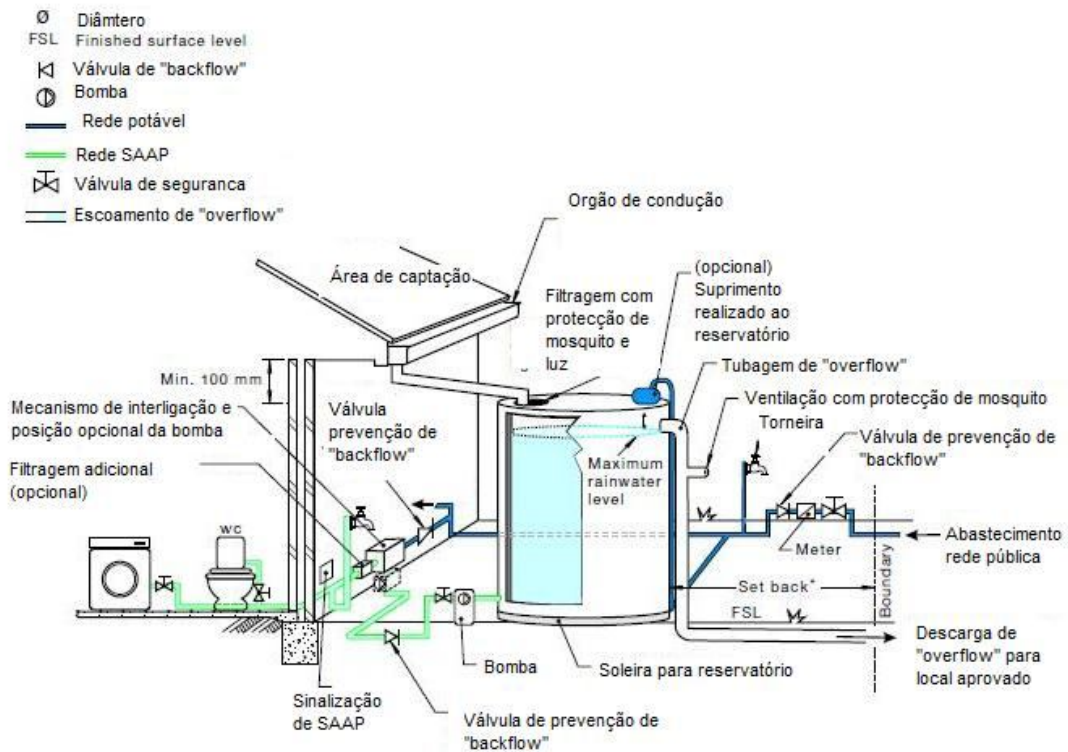


Fig. 73 - Esquema de instalação de SAAP com reservatório de superfície

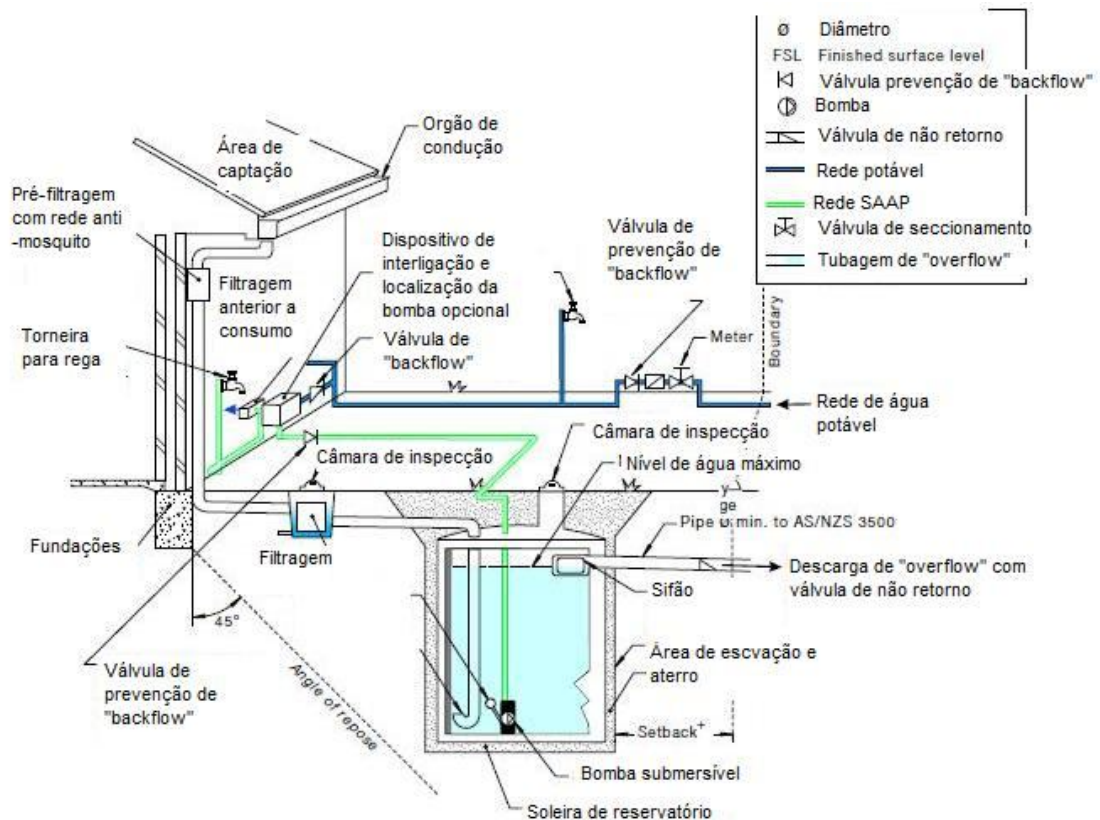


Fig. 74 - Esquema de instalação de SAAP com reservatório enterrado

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Silva-Afonso, *Repensar o uso da água no ciclo predial. Contributos para a sustentabilidade*, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
- [2] Texas Water Development Board, *Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 2005
- [3] Silva Afonso, Vítor Simões, Elisabete Bertolo, Rui Ferreira, Pedro Afonso, Vítor Abrantes, Florindo Maia, Jorge Costa, António Granadeiro, Luís Neves, Adalberto Almeida, Mário Valente Neves, *Especificação Técnica ANQIP- Sistemas de Aproveitamento de águas Pluviais em Edifícios*,
- [4] Daniel Guedes dos Santos Martins, *Uso eficiente da água nos Edifícios*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, 2009
- [5] Practical Action. The Schumacher Centre For Technology & Development, *Rainwater Harvesting: Technical Brief*, Warwickshire
- [6] Downey, Nate, *Rainwater Harvesting with Cistern Systems in New Mexico*, 2009
- [7] The Cabell Brand Center, *Virginia Rainwater Harvesting Manual: A comprehensive guide to examining, designing and maintaining rainwater harvest on systems to abate stormwater runoff*, 2007
- [8] Rainharvesting Systems Ltd., *Catálogo*, Londres, 2006
- [9] Environment Agency, *Harvesting Rainwater for domestic uses: an information guide*, Bristol, 2008
- [10] Patricia S. H. Macomber, *Rainwater Catchment Systems for Hawaii*, 2010
- [11] Cunliffe David, *Guidance on the use of rainwater tanks*, Rundle Mall, 1998
- [12] D. Leggett, Brown, Brewer, Stanfield, Holliday, *Rainwater and Greywater use in buildings*, Londres, 2001
- [13] *Rainwater harvesting systems-Part 1: planning, installation, operation and maintenance*, translation of 1989 1:2001
- [14] Australian Rainwater Industry Development Association (ARID) & the Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA), *Rainwater Tank Design and Installation Handbook*, 2008
- [15] Sarah Ward, *Rainwater Harvesting in the UK - Current Practice and Future Trends*, Centre for Water Systems School of Engineering, Computer Science and Mathematics University of Exeter, Exeter, 2008

- [16] - Ecodepur, *Catálogo*, Caxarias
- [17] Aquastock, *Tecnologia para o Reaproveitamento de água de chuva*, São Paulo
- [18] Ecoágua, *Catálogo 3P Technick*,
- [19] Universidade de Havai, Manoa, *Rainwater catchement solutions: First Flush diverters*
- [20] . Jones, Matthew , NC State University , *Urban Waterways*, 2006
- [21] State of Oregon Department of Consumer & Business Services Building Codes Division, *Oregons Smart guide on Rainwater Harvesting*, 2009
- [22] Seifert, Richard D., *Suggestions for installing domestic water storages*, 2004
- [23] RWP Rainwater Systems, *RWP Brochure*, 2007
- [24] Kingspanwater, *Guide to BS 8515:2009*, Aylesbury, Agosto 2009
- [25] British standards Institute, *Draft BS 8515, Code of pratice for the installation of rainwater harvesting systems*, Londres, 2008
- [26] Conservation techonology, *Rainwater Handbook*, Baltimore,
- [27] City of Portland Office of Planning and Development Review, *Rainwater Harvesting Systems for Interior Use or Combined Interior & Exterior Use*, 2001
- [28] Grundfos, *Grundfos Data Booklet*,

SITES CONSULTADOS

- [A] <http://www.nzsteel.co.nz/products/zincalume-steel>
- [B] <http://onewater.com.au/a/185.html>
- [C] <http://www.greenlivingtips.com/articles/179/1/Rainwater-tank-materials.html>
- [D] http://www.rainharvesting.com.au/concrete_tanks.asp
- [E] <http://www.originecostore.com.au/Frog-Mouth-Rainwater-Tank-Filter-Silvan-H2O/FMFILTER.htm>
- [F] http://www.harvesth2o.com/first_flush.shtml
- [G] <http://superwall.com.au/products/superhead/>
- [H] <http://www.enviro-friendly.com/first-flush-diverter.shtml>
- [I] http://www.harvesth2o.com/pumps_or_tanks.shtml
- [J] http://www.bpma.org.uk/page.asp?node=65&sec=suction_lift_with_non_self-priming_centrifugal_pumps
- [K] <http://waterforafrica.co.za/case-studies-on-rainwater-tanks-and-systems.htm>
- [L] http://www.rainharvesting.com.au/tank_selection.asp
- [M] <http://www.harvesth2o.com/rainwaterstorage.shtml>
- [N] http://www.rainharvesting.co.uk/pages/systems/systs_comm2.html
- [O] <http://www.therenewableenergycentre.co.uk/rainwater-harvesting/>
- [P] <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-rainwater-storage.htm>
- [Q] <http://www.builditsolar.com/Projects/Water/Water.htm#Catchment>
- [R] <http://ezinearticles.com/?Above-the-Ground-and-Under-Ground-Rainwater-Tanks&id=3695681>
- [S] <http://www.rainwaterharvesting.co.uk/products.php?cat=17>
- [T] <http://www.buildingwithawareness.com/blog/2008/12/product-review-shurflo-diaphragm-pump-for-a-rainwater-cistern/>
- [U] http://www.aquaticeco.com/pages/full_width/70/Non-Self-Priming-Pumps
- [V] <http://net.grundfos.com/doc/webnet/rmq/features.htm>
- [W] http://www.capindustries.com.au/products_1.html
- [X] <http://www.articlesnatch.com/Article/Less-Electricity-With-A-Smart-Header-Tank-Rainwater-System/919420>
- [Y] <http://www.burkert.com.br/PTB/384.html>
- [Z] <http://www.rainwaterharvesting.co.uk/proddetail.php?prod=3P-2000700>
- [AA] http://www.conservationtechnology.com/rainwater_design.html
- [BB] http://www.ecoagua.pt/produtos_detail.php?id=43&cat=38&prod=89
- [CC] <http://www.3ptechnik.co.uk/en/intankintegralfilter.html>
- [DD] <http://www.rainharvest.com/shop/shopexd.asp?id=269>
- [EE] <http://www.rainwaterharvesting.co.uk/proddetail.php?prod=RWH-BUB01>
- [FF] <http://ezinearticles.com/?Using-Rainwater-Harvesting-For-Multi-Dwellings&id=4311987>
- [GG] <http://www.rain-barrel.net/rainwater-tanks.html>
- [HH] <http://www.enviroehub.com.au/9-sustainability-challenges/water/the-waterwise-action-plan-/rainwater-harvesting-systems-and-options->
- [II] http://www.conservationtechnology.com/rainwater_storage.html
- [JJ] http://www.harvesth2o.com/statues_regulations.shtml
- [KK] http://www.rainharvesting.com.au/concrete_tanks.asp
- [LL] http://www.farcimar.pt/pre_fabricados_de_betao/aneis_e_argolas.html

[MM]	http://www.tankworks.com.au/Create-A-Tank.aspx
[NN]	http://www.rainharvest.com/shop/shopexd.asp?id=159
[OO]	http://www.rainwatertanksdirect.com.au/rain-water-tanks/small-tanks.php
[PP]	http://www.underground-watertanks.co.uk/
[QQ]	http://www.rainwater-harvesting.co.uk/Prod_Above_Tank.htm
[RR]	http://www.watertanksonline.co.uk/product_listings.asp?parseid=14
[SS]	http://www.oak-barrel.com/house_rainwater_supply